

OK 620. 193. J

21-0054/001

2110a

Bericht aus dem Institut für Baustoffkunde
und Materialprüfung der Technischen Hochschule
Braunschweig



Brandversuche an Decken aus Fertigteilen

(Untersuchungen für die Neubearbeitung
der DIN 4102)

Bornemann, P.

veröffentlicht: Das Verhalten von Decken konstruktiven aus Stb. Fertig-
teilen bei Brandversuchen
Der Bau- und die Bauindustrie, 2. Nr. 11/1959
von 5575

o. Professor Dr.-Ing. habil. Th. Kristen

Dr.-Ing. H.-J. Wierig

März 1959

Die Arbeiten wurden ausgeführt im Auftrage
des Bundesministeriums für Wohnungsbau

(Az. II - 4114 Nr. 90)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Allgemeines	3
2. Beschreibung der Versuchsdecken	4
2.1 Balkendecke aus Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern nach DIN 4233 (F-Decke)	4
2.2 Balkendecke aus Stahlleichtträgern mit Füllkörpern	4
2.3 Decke aus Stahlbetonhohldielen nach DIN 4028	8
2.4 Decke aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen	11
2.5 Balkendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern	11
2.6 Rippendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern	15
3. Beschreibung der Versuchseinrichtung und Versuchsdurchführung	17
4. Meßergebnisse und Beobachtungen während der Brandversuche	19
4.1 Meßergebnisse und Beobachtungen an den Versuchsdecken 2.1	20
4.2 Meßergebnisse und Beobachtungen an den Versuchsdecken 2.2	24
4.3 Meßergebnisse und Beobachtungen an den Versuchsdecken 2.3	28
4.4 Meßergebnisse und Beobachtungen an den Versuchsdecken 2.4	32
4.5 Meßergebnisse und Beobachtungen an der Versuchsdecke 2.5	37
4.6 Meßergebnisse und Beobachtungen an der Versuchsdecke 2.6	39
5. Materialprüfungen nach den Brandversuchen	42
5.1 Tragfähigkeitsprüfungen an den Versuchsdecken 2.3 und 2.4	42
5.2 Prüfung der Zugfestigkeit der Spannstähle aus den Versuchsdecken 2.4 und 2.6 vor und nach den Brandversuchen	43
6. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen aus Versuchsergebnissen	44
7. Vorschläge für die neue DIN 4102	49

1. Allgemeines

Das Normblatt DIN 4102 "Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme" wird z.Z. Neubearbeitet. Besonders muß die in Blatt 2, "Einreihung in die Begriffe", gegebene Zusammenstellung von solchen Bauteilen, die "ohne besonderen Nachweis" den Anforderungen der Begriffe "feuerhemmend", "feuerbeständig" und "hochfeuerbeständig" genügen, dringend ergänzt werden.

Unter den vielen neuen Bauarten, die in den letzten Jahren auf dem Bauparkt erschienen, sind besonders Deckenkonstruktionen aus Fertigteilen zu erwähnen. Von den Herren Ministerialdirigent Prof. Dr.-Ing. E.h. Wedler und Dipl.-Ing. Deutschmann (Deutscher Ausschuß für Stahlbeton) wurde angeregt, einige wichtige Decken aus der Vielzahl der Neukonstruktionen auf Widerstandsfähigkeit gegen Feuer und Wärme nach DIN 4102 zu prüfen, um Material für die Neufassung von Blatt 2 zu erhalten. Vom Institut für Baustoffkunde und Materialprüfung in Braunschweig wurde darauf ein Arbeitsplan aufgestellt, der die Prüfung von fünf verschiedenen Deckenkonstruktionen vorsah, wobei von jeder Konstruktion zwei Versuchsdecken untersucht werden sollten. Insgesamt waren also 10 Decken zu prüfen. Bei den Brandversuchen stellte sich heraus, daß eine der ausgewählten Versuchskonstruktionen bereits nach verhältnismäßig kurzer Versuchsdauer zusammenbrach. Da keine Aussicht bestand, daß die zweite Versuchsdecke dieser Konstruktion sich günstiger verhalten würde, wurde auf die Wiederholung der Prüfung verzichtet und statt dessen eine Decke einer zusätzlichen Konstruktion untersucht.

Die Versuche fanden im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnungsbau statt. Bei der Versuchsdurchführung und der Auswertung der Versuchsergebnisse wirkten dankenswerterweise die Herren Dipl.-Ing. B. Brandstädter und P. Bornemann mit.

2. Beschreibung der Versuchsdecken

In den folgenden Abschnitten 2.1 bis 2.6 sind die für die Brandversuche nach DIN 4102 ausgesuchten Deckenkonstruktionen beschrieben. Eine Übersicht über Abmessungen und konstruktive Einzelheiten der Versuchsdecken ist in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Aus Abb. 1 sind die Querschnitte der untersuchten Decken zu ersehen.

2.1 Balkendecke aus Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern nach DIN 4233 (F-Decke)

Jede der beiden Versuchsdecken bestand aus drei L-förmigen 4.20 m langen Stahlbetonfertigbalken, auf die im Achsabstand von 62,5 cm Füllkörper aus Leichtbeton von 20 cm Höhe dicht an dicht verlegt und mit Ortbeton B 225 vergossen wurden. Die Betonfertigbalken hatten nach Angaben des Herstellers eine Betonmindestgüte B 225, als Bewehrung lagen in der Zugzone je 2 Stäbe \varnothing 10 mm und ein Stab \varnothing 8 mm aus Betonstahl III_b (Torstahl). Auf der Unterseite waren die Fertigbalken abweichend von DIN 4233 mit einer etwa 1 cm dicken Leichtbetonschicht versehen. In Feldmitte erhielten die Decken eine lastverteilende Querrippe. Das Eigengewicht der 20 cm dicken Rohdecke betrug nach Angabe des Herstellers 193 kg/m².

Beide Versuchsdecken wurden an der Unterseite mit einem 1,5 cm dicken Kalkzementputz 1 : 2 : 8 Rtl.*) auf einem Spritzvorwurf aus Zementmörtel 1 : 4 Rtl. versehen. Der Querschnitt der Versuchsdecken ist in Abb. 1 und eine Übersichtsskizze in Abb. 2 dargestellt.

2.2 Balkendecke aus Stahlleichtträgern mit Füllkörpern

Diese Konstruktion wurde durch Herrn Dr.-Ing. Boué vom Deutschen Stahlbauverband zur Aufnahme in das Versuchsprogramm vorgeschlagen.

*) 1 Rtl. Zement Z 375, 2 Rtl. Weißkalkhydrat, 8 Rtl. Sand.

Zahlentafel 1

Abmessungen und konstruktive Einzelheiten der Versuchsdecken

Bezeichnung	Deckenart	Balken- abstand (Achismaß) cm	Platten- breite cm	Decken- dicke cm*)	Aufbeton- dicke cm	Putz- dicke cm	Betongüten (Soll) Ort- beton Fertig- beton **)		Stahlgüte **)	Beweh- rung ***)	Zwischen- bauteile	Quer- rippe	Besonderheiten
2.1	Balkendecke aus Stahlbeton- fertigbalken nach DIN 4233 F-Decke	62,5	-	20,0	-	1,5	B 225	B 225	B. St. III b	unten: 2 ϕ 10 + 1 ϕ 8	Bimsbeton	ja	Leichtbetonschicht unter den Fertigbalken
2.2	Balkendecke mit Stahlleicht- trägern und Füllkörpern	62,5	-	16,0	-	1,5	B 225	-	Sonderstahl	Stahlleicht- träger	Bimsbeton	nein	-
2.3	Decke aus Stahlbetonhohl- dielen nach DIN 4028	-	33,0	13,0	-	1,5	-	B 300	B. St. I	oben: 2 ϕ 5 unten: 4 ϕ 8	-	-	Fugenvermörtelung nur im oberen Drittel
2.4	Decke aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen	-	51,5	12,0	-	2,0	-	B 300	vergüteter Spannstahl St. 145/160	unten: 9 Stähle 3 \times 8 mm	-	-	obere Bewehrung aus 4 verdrehten Drähten 2 \times 2 ϕ 2,5 mm in St. 150/180
2.5	Balkendecke aus vorgesp. Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern	62,5	-	20,0	2,0	2,0	B 225	B 600	kaltgereckter verdrillter Spannstahl St. 140/180	5 verdrehte Drähte aus 3 ϕ 2,5 mm	Bimsbeton	nein	
2.6	Rippendecke aus vorgesp. Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern	62,5	-	22,0	5,0	2,0	B 225	B 600	vergüteter Spannstahl St. 145/160	oben: 1 oval 20 unten: 5 oval 20	Ziegelsplitt- beton	nein	Leichtbetonschicht unter den Fertigbalken Querbewehrung in der Druckplatte

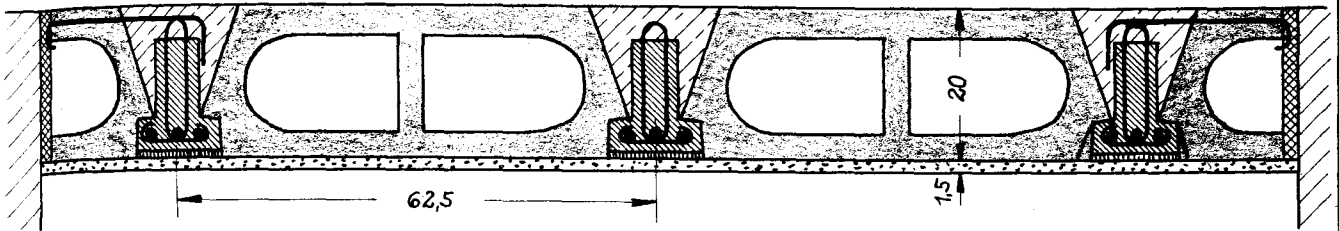
*) ohne Putz gemessen

**) nach Angabe des Herstellers

***) Bewehrungsangaben beziehen sich auf
eine Platte oder einen Balken

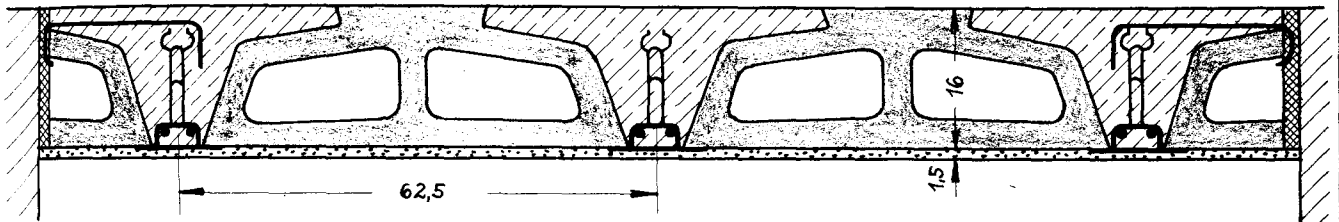
Versuchsdecken 2.1

Balkendecke aus Stahlbetonfertigsbalken mit Füllkörpern nach DIN 4233 (F-Decke)



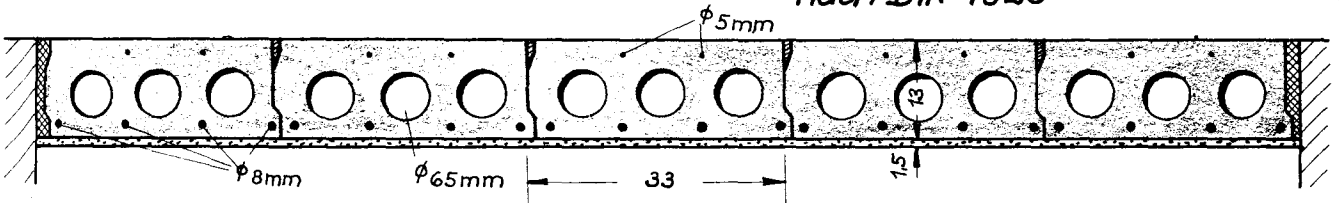
Versuchsdecken 2.2

Balkendecke mit Stahlleichtträgern und Füllkörpern



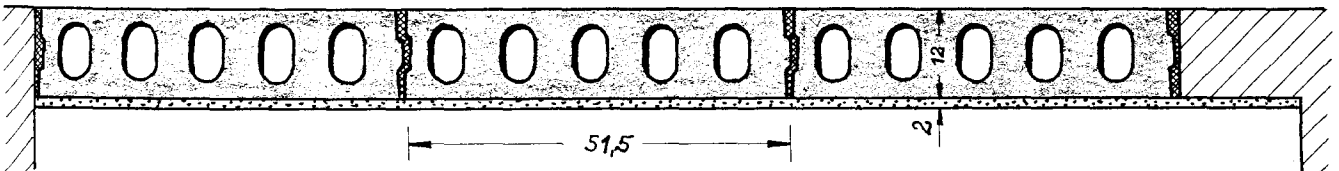
Versuchsdecken 2.3

Decke aus Stahlbetonhohldielen nach DIN 4028



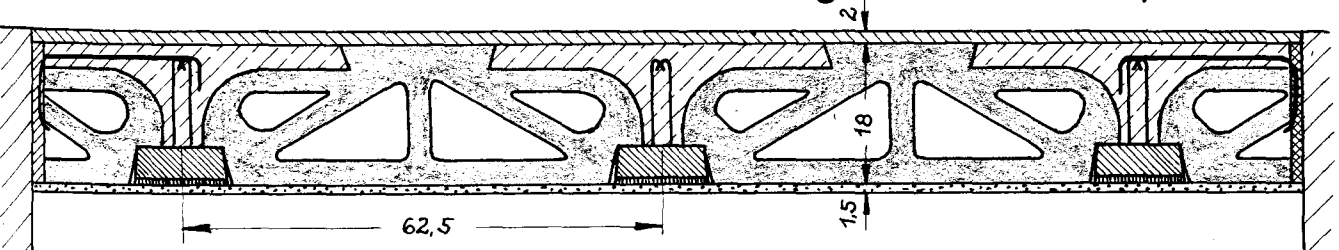
Versuchsdecken 2.4

Decke aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen



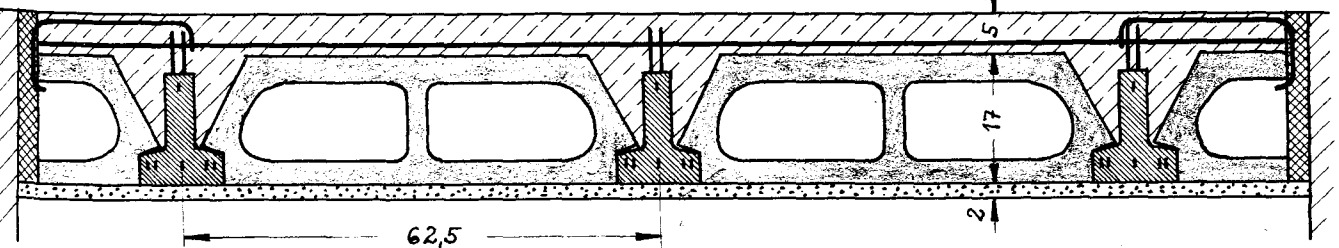
Versuchsdecke 2.5

Balkendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigsbalken mit Füllkörpern



Versuchsdecke 2.6

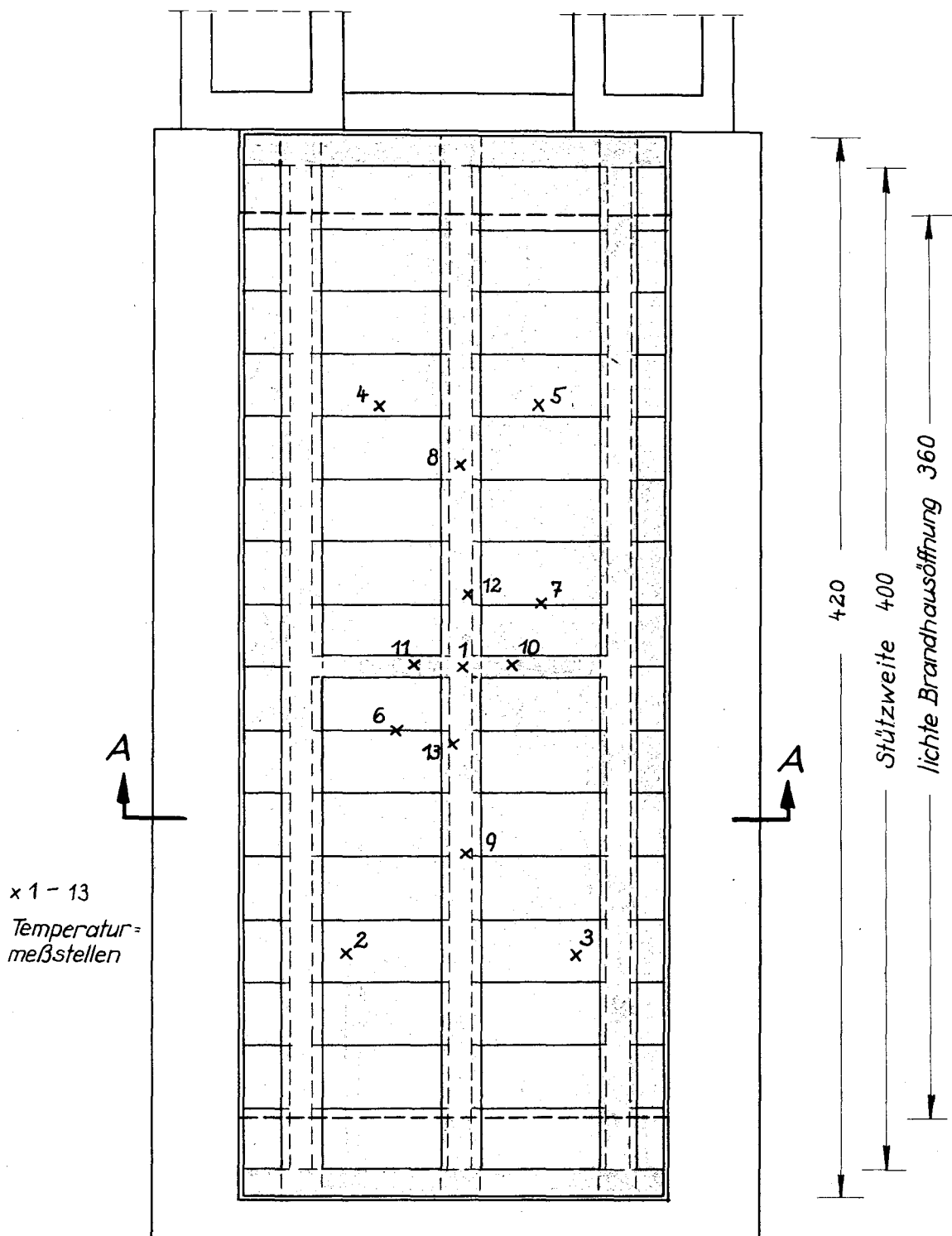
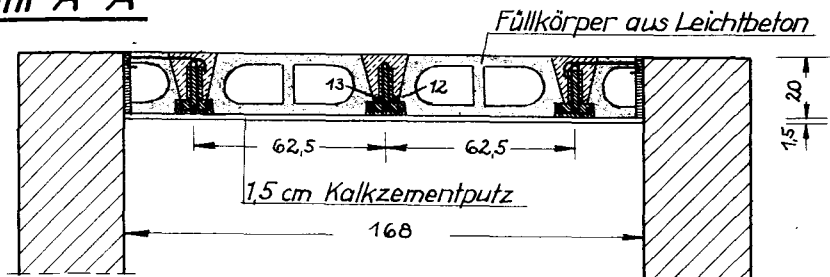
Rippendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigsbalken mit Füllkörpern



Maße in cm

M. 1:10

Schnitt A-A



x 1 - 13
Temperatur=
meßstellen

M. 1:25

Maße in cm

Die beiden Versuchsdecken bestanden aus drei 4,20 m langen Stahlleichtträgern mit einem Achsabstand von 62,5 cm. Auf die Stahlleichtträger wurden 16 cm hohe Füllkörper aus Bimsbeton verlegt und mit Ortbeton B 225 vergossen. Die Stahlleichtträger bestanden aus einer rautenähnlich verschweißten Fachwerkkonstruktion. Obergurt und Diagonalen wurden aus Blechprofilen, der angehängte Untergurt aus 2 Rundstählen gebildet. Eine am Untergurt mittels Blechklammern befestigte Holzleiste zur Aufnahme einer Unterdecke wurde beim Einbau der Decke entfernt, da augenblicklich nach DIN 4102 "feuerbeständige" Bauteile vollständig aus "nicht brennbaren" Baustoffen bestehen müssen. Die Konstruktion der Stahlleichtträger ist in Abb. 3 wiedergegeben.

Das Eigengewicht der 16 cm dicken Rohdecke betrug nach Angabe des Herstellers 175 kg/m^2 .

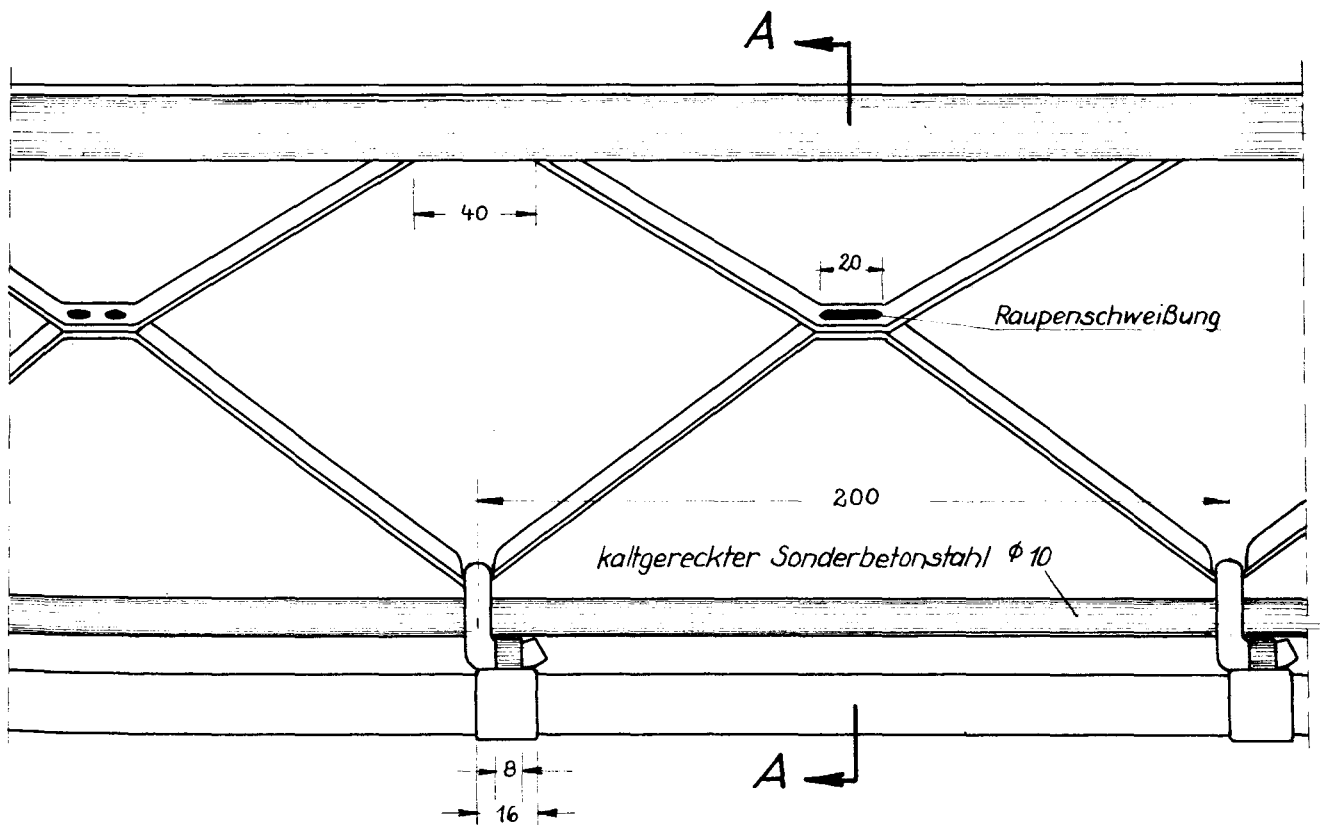
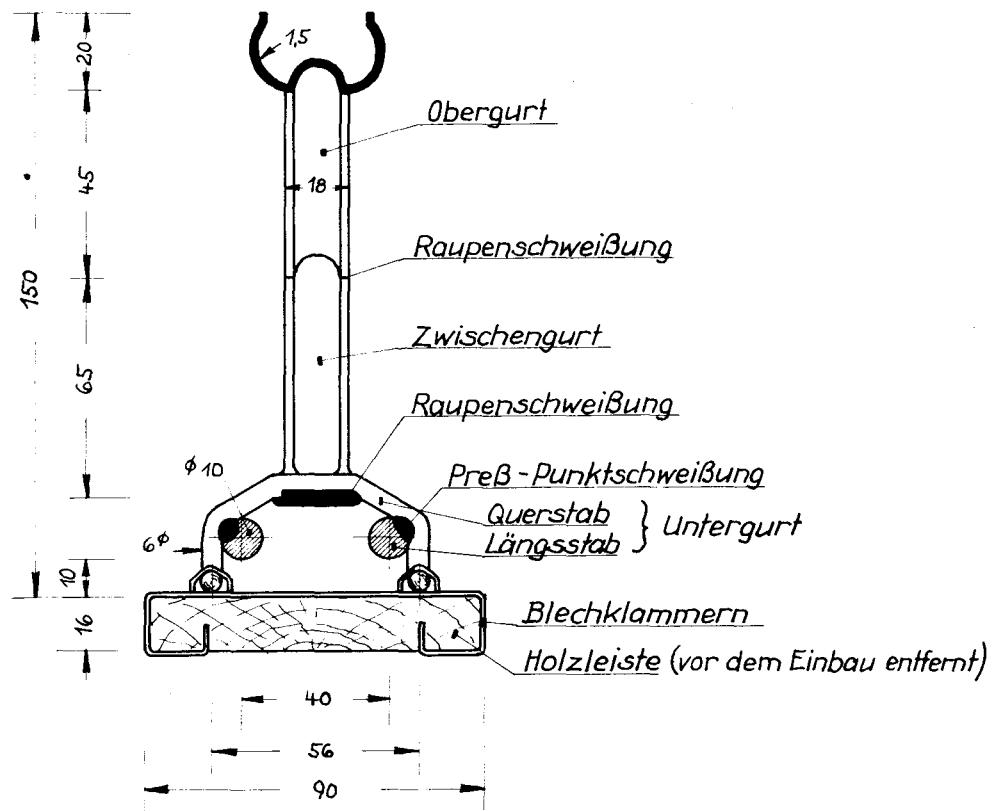
Beide Versuchsdecken wurden auf ihrer Unterseite mit einem 1,5 cm dicken Kalkzementputz 1 : 2 : 8 Rtl. auf einem Spritzvorwurf aus Zementmörtel 1 : 4 Rtl. versehen.

Der Querschnitt der beiden Versuchsdecken ist in Abb. 1, eine Übersicht der Konstruktion in Abb. 4 dargestellt.

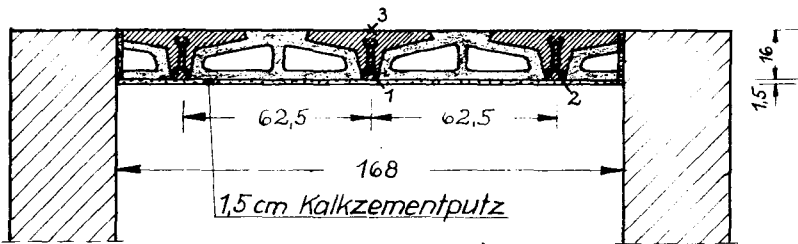
2.3 Decke aus Stahlbetonhohldielen nach DIN 4028

Beide Versuchsdecken bestanden aus fünf 33 cm breiten, 13 cm dicken und 4,20 m langen Stahlbetonhohldielen. Der Beton hatte nach Angaben des Herstellers die Güte B 300. Als Bewehrung waren in der Zugzone vier Rundstähle $\varnothing 8 \text{ mm}$ Betonstahl I und in der Druckzone zwei Rundstähle $\varnothing 5 \text{ mm}$ Betonstahl I verlegt. In jeder Stahlbetonhohldiele befanden sich drei kreisförmige, in Längsrichtung durchgehende Hohlräume. Der Einbau der einzelnen Hohldielen erfolgte so, daß die profilierten Ränder knirsch aneinander stießen und dann in ihrem oberen Drittel vermörtelt wurden (s. Abb. 1). Das Eigengewicht der 13 cm dicken Rohdecke betrug nach Angaben des Herstellers 224 kg/m^2 .

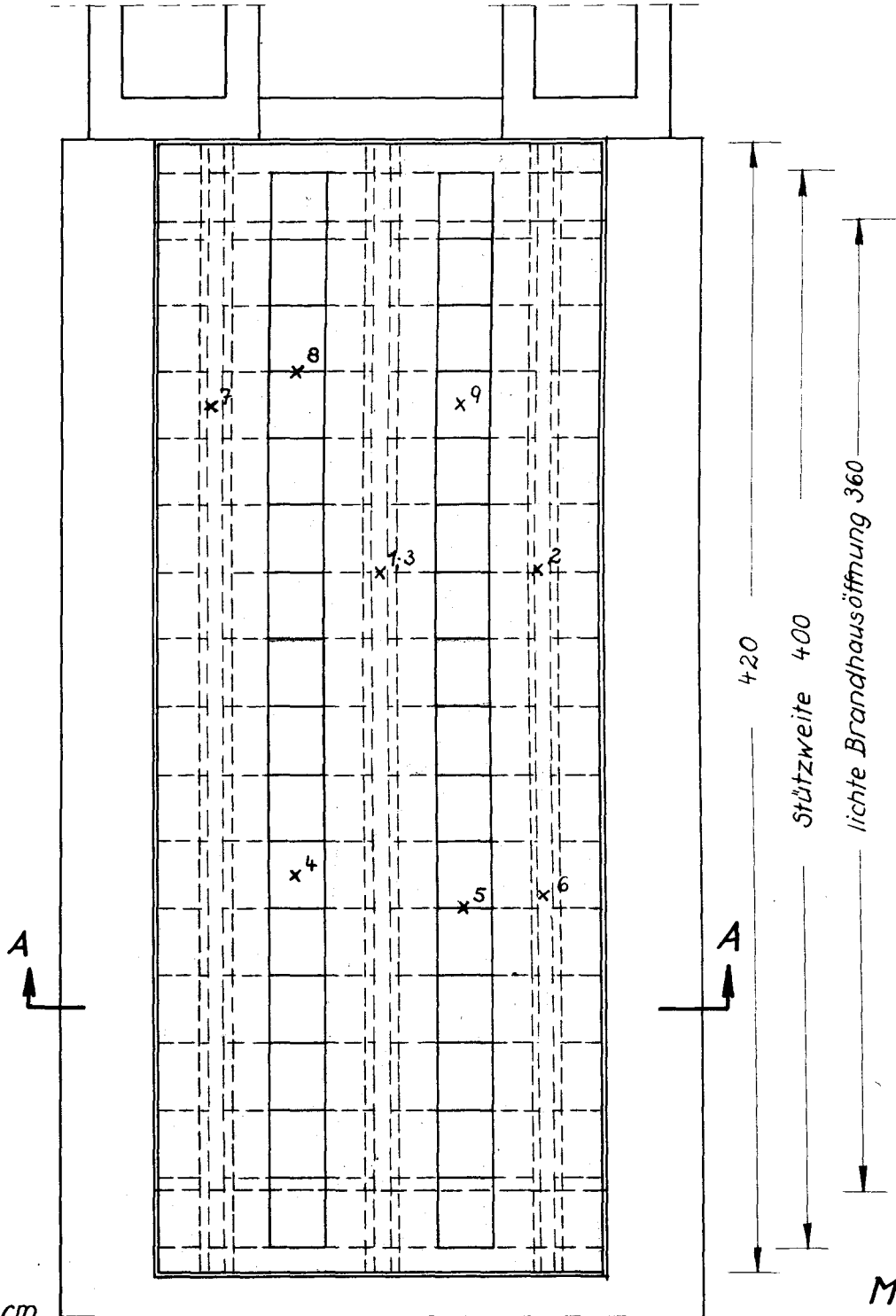
Schnitt A-A



Schnitt A-A



x 1-9 Temperaturmeßstellen



Maße in cm

M. 1:25

Beide Versuchsdecken wurden auf ihrer Unterseite mit einem 1,5 cm dicken Kalkzementputz 1 : 2 : 8 Rtl. auf einem Spritzvorwurf aus Zementmörtel 1 : 4 Rtl. versehen.

Der Querschnitt der beiden Versuchsdecken ist in Abb. 1, eine Übersicht über die ganze Konstruktion in Abb. 5 dargestellt.

2.4 Decke aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen

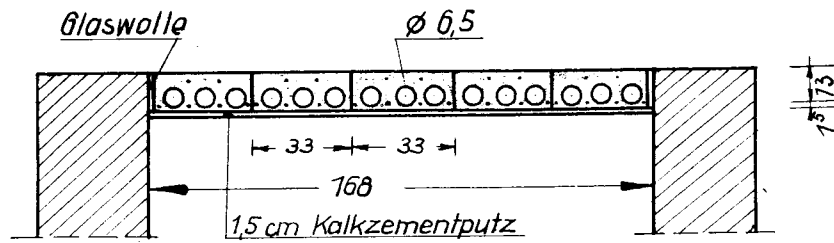
Beide Versuchsdecken bestanden aus drei 51,5 cm breiten, 12 cm dicken und 4.20 m langen Stahlbetonhohldielen. Nach Angaben des Herstellers hatte der Beton die Güte B 300. Die Tragbewehrung bestand aus vergütetem, geripptem Spannstahl (Sigmastahl). In der Zugzone waren 9 Stäbe 3 x 8 mm St. 145/160, in der Druckzone 4 verdrehte Drähte 2 x \varnothing 2,5 mm aus St. 150/180 verlegt. Die keilförmigen, profilierten Längsfugen (s. Abb. 1) zwischen den Hohldielen wurden mit Zementmörtel 1 : 4 Rtl. vermörtelt. In jeder Stahlbetonhohldiele befanden sich fünf in Längsrichtung durchgehende Hohlräume von ovalem Querschnitt (s. Abb. 1). Das Eigengewicht der 12 cm dicken Rohdecke betrug nach Angaben des Antragstellers etwa 200 kg/m^2 . Beide Versuchsdecken erhielten an der Unterseite einen 2 cm dicken Kalkzementmörtel 1 : 2 : 8 Rtl. auf einem Spritzvorwurf aus Zementmörtel 1 : 4 Rtl.

Der Querschnitt der Versuchsdecke ist in Abb. 1, eine Übersicht über die Konstruktion in Abb. 6 dargestellt.

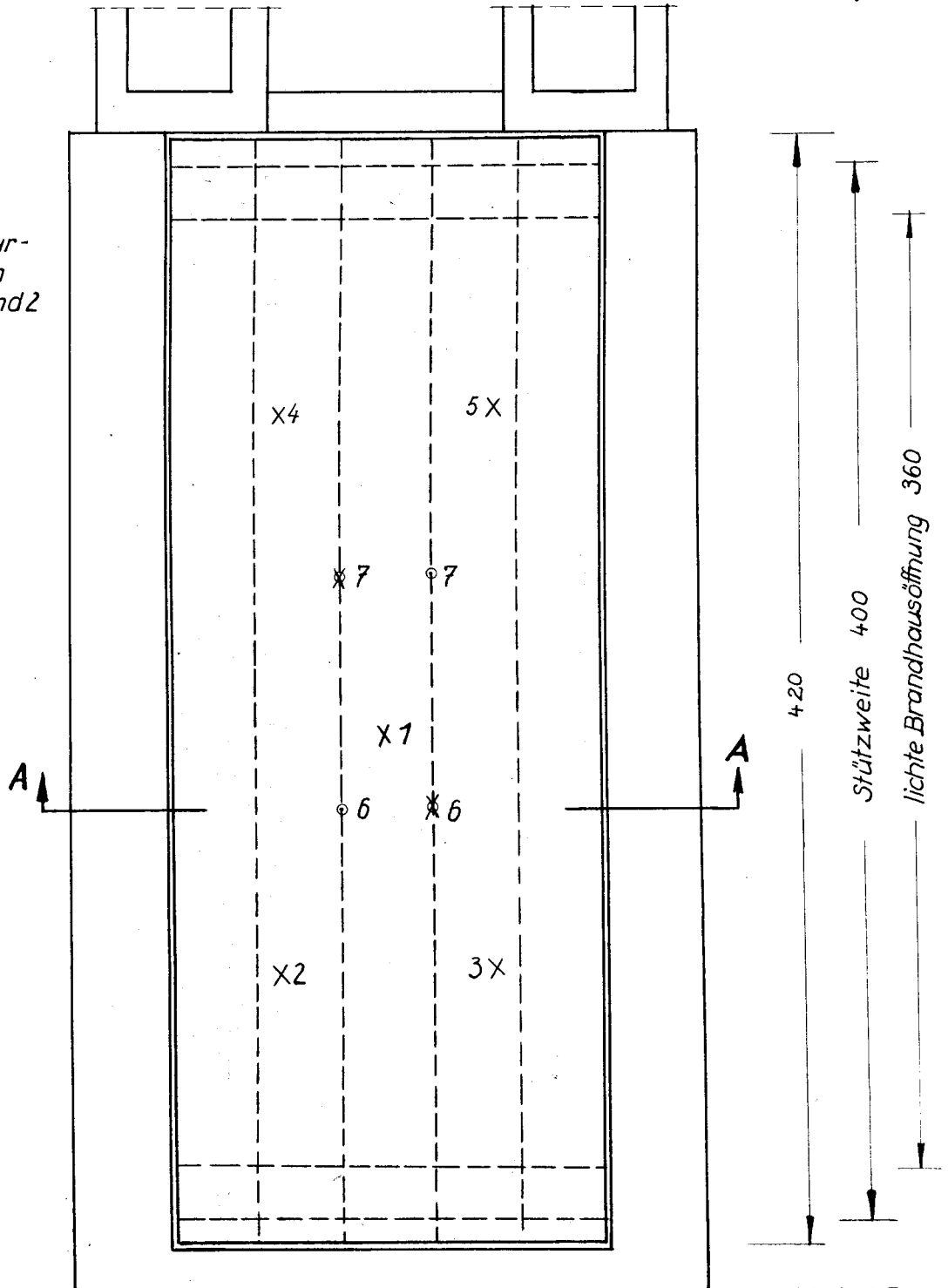
2.5 Balkendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern

Die Versuchsdecke bestand aus drei vorgespannten Stahlbetonfertigbalken von 4.20 m Länge, die im Achsabstand von 62,5 cm verlegt wurden. Auf die Stahlbetonfertigbalken wurden 18 cm hohe Füllkörper aus Bimsbeton dicht an dicht verlegt und anschließend mit Ortbeton B 225 vergossen. Gleichzeitig erhielt die Decke eine 2 cm dicke, unbewehrte Aufbetonschicht. Die Gesamtdicke der Rohdecke betrug 20 cm.

Schnitt A-A



- 1-7 Temperatur-
meßstellen
- X 1-5 Decke 1 und 2
- ⊗ 6,7 Decke 1
- ⊙ 6,7 Decke 2



Maße in cm

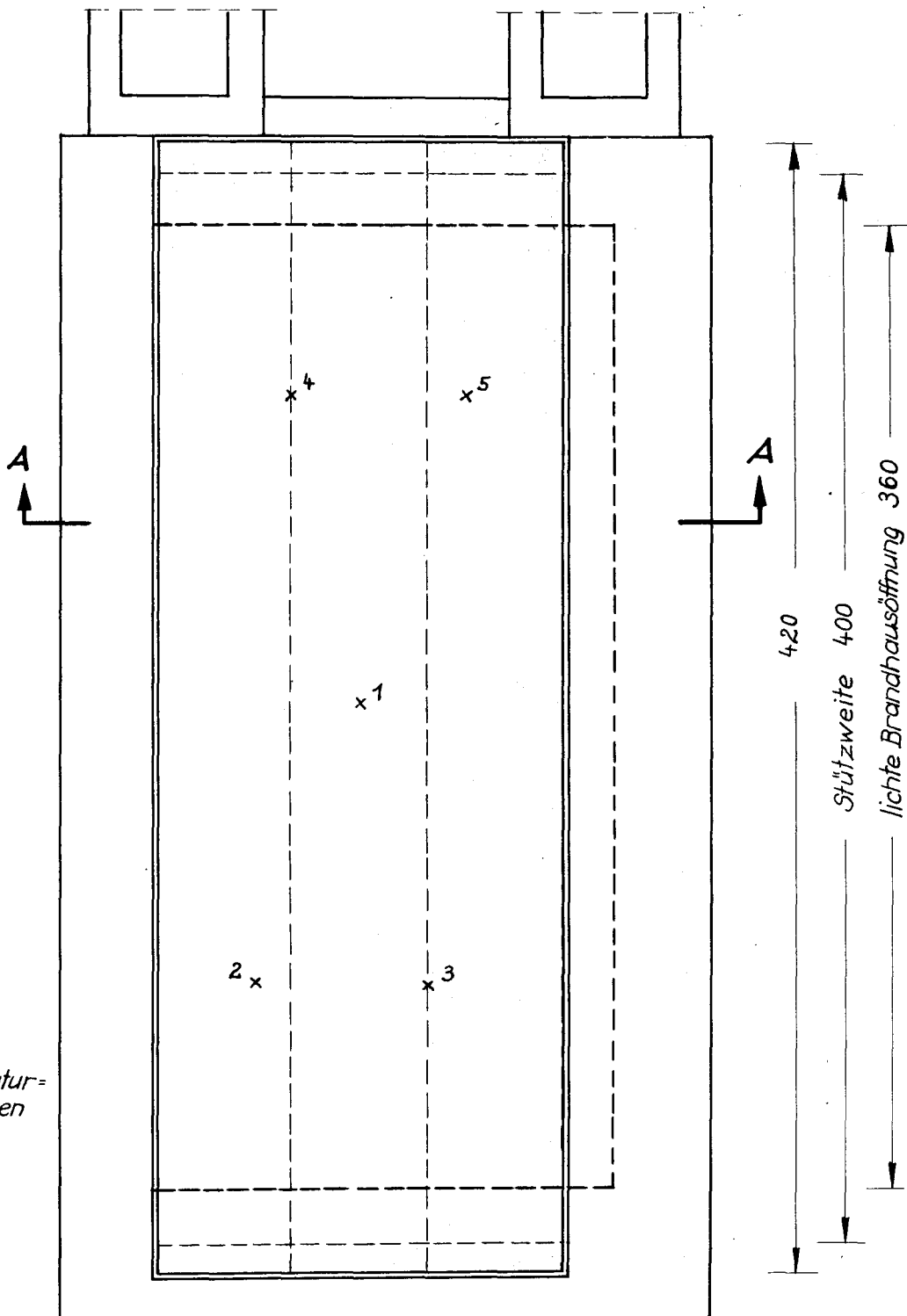
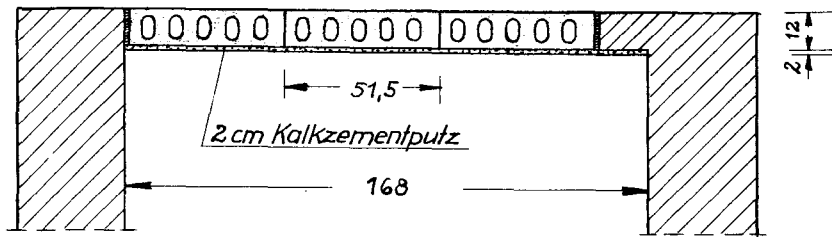
M. 1:25

Institut
für Baustoffkunde
und Materialprüfung
T. H. Braunschweig

Grundriß und Querschnitt
der Decke aus Stahlbetonhohl-
dielen
nach DIN 4028

Abb. 5
Decken 2.3

Schnitt A-A



x1-5 Temperatur-
meßstellen

M. 1:25

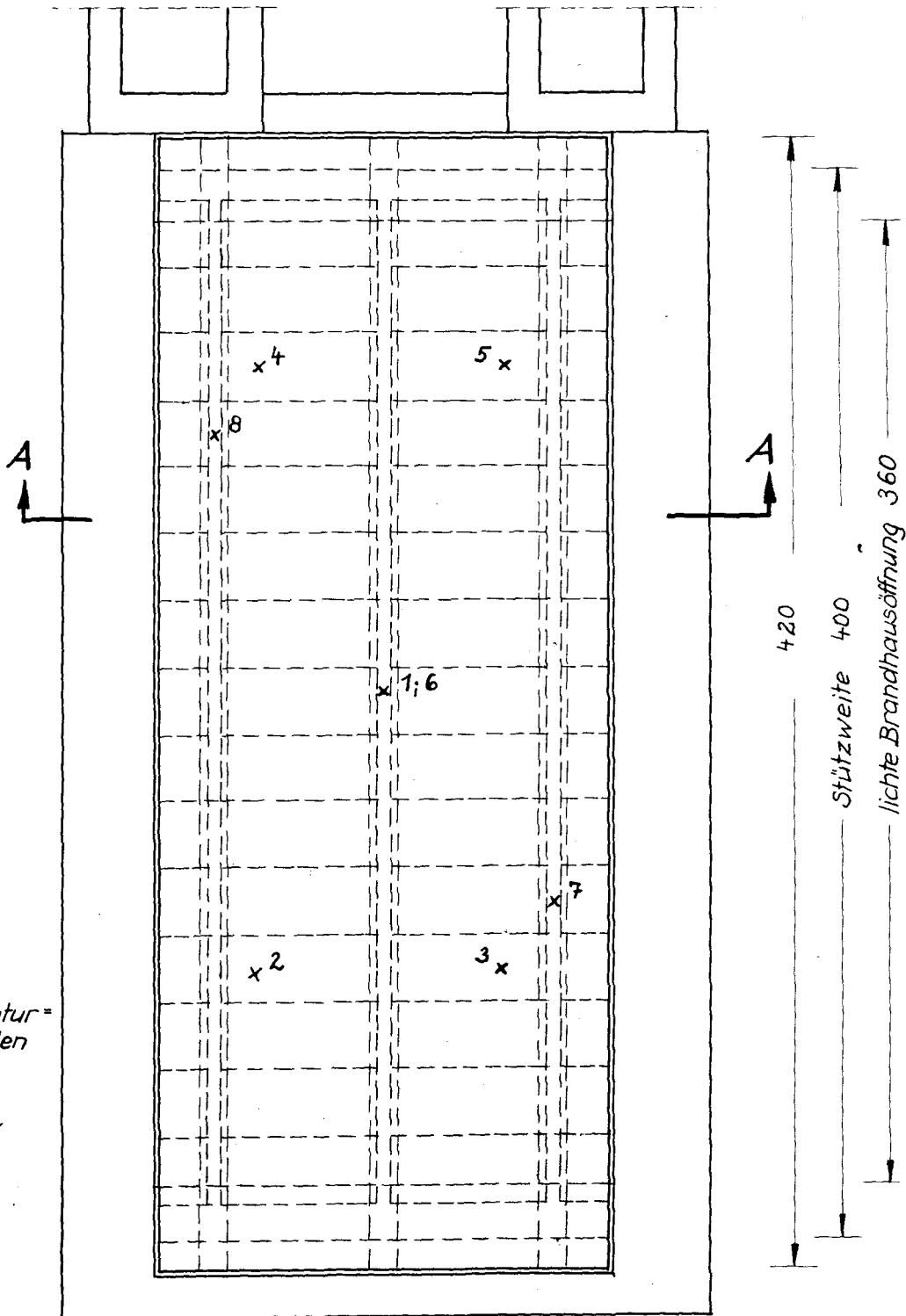
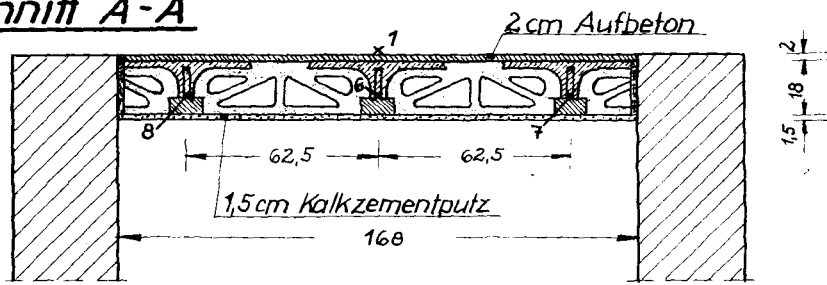
Maße in cm

Institut
für Baustoffkunde
und Materialprüfung
T. H. Braunschweig

Grundriß und Querschnitt
der Decke aus vorgesp. Stahlbetonhohldielen

Abb. 6
Decken 2.4

Schnitt A-A



x 1-8 Temperatur-
meßstellen

Maße in cm

M. 1: 25

Institut
für Baustoffkunde
und Materialprüfung
T. H. Braunschweig

Grundriß und Querschnitt
der Balkendecke aus vorgesp. Stahl-
betonfertigbalken mit Füllkörpern

Abb. 7
Decke 2.5

Die Fertigbalken hatten nach Angaben des Herstellers eine Betonmindestgüte B 600. Die Bewehrung bestand aus je 5 kalt-gereckten, verdrehten Spanndrahtlitzen $3 \varnothing 2,5 \text{ mm St.140/180}$.

Die Versuchsdecke wurde auf ihrer Unterseite mit einem 1,5 cm dicken Kalkzementputz 1 : 2 : 8 Rtl. auf einem Spritzvorwurf aus Zementmörtel 1 : 4 Rtl. versehen. Der Querschnitt der Versuchsdecke ist in Abb. 1, eine Übersicht über die ganze Konstruktion in Abb. 7 dargestellt.

2.6 Rippendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern

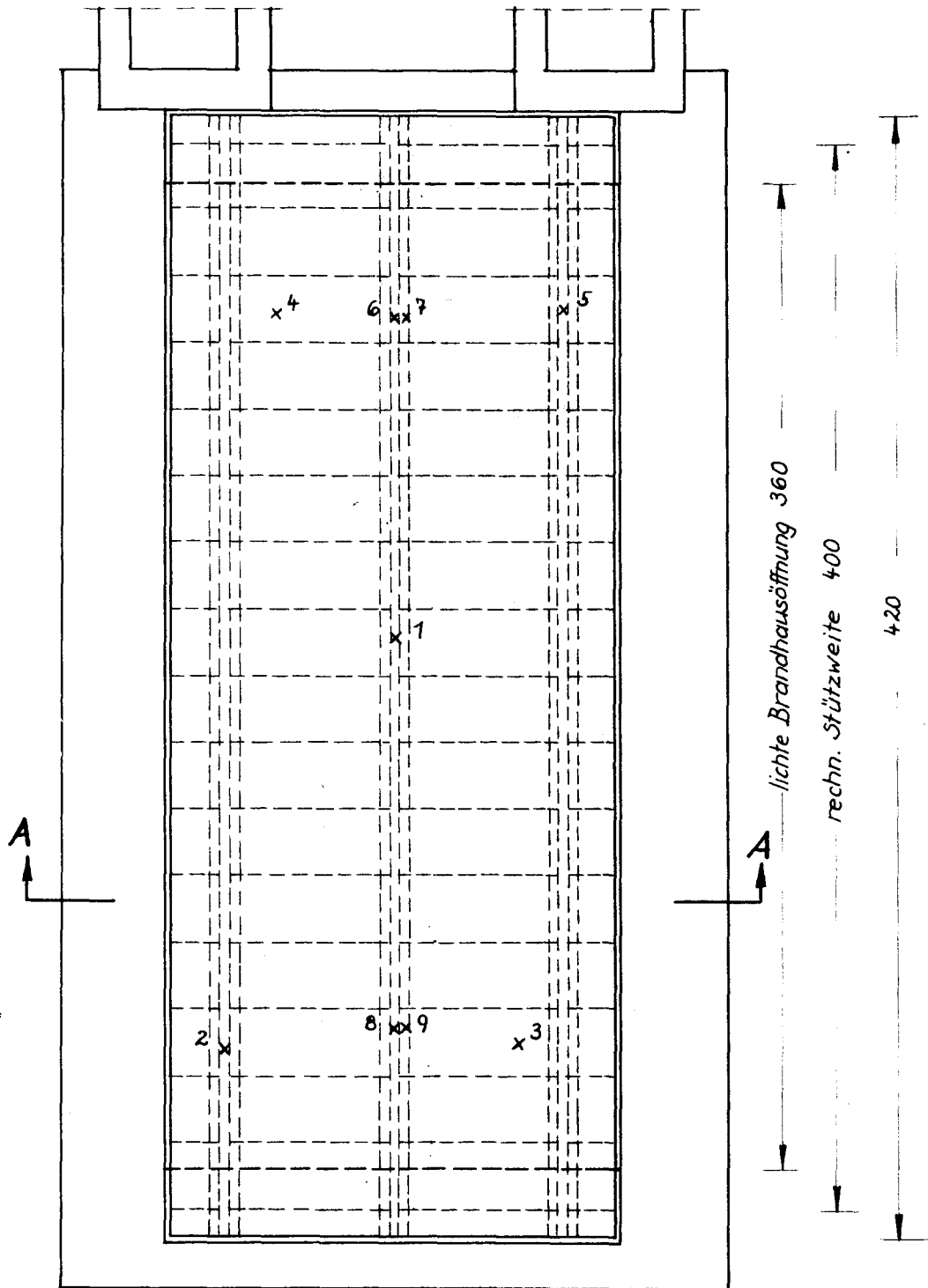
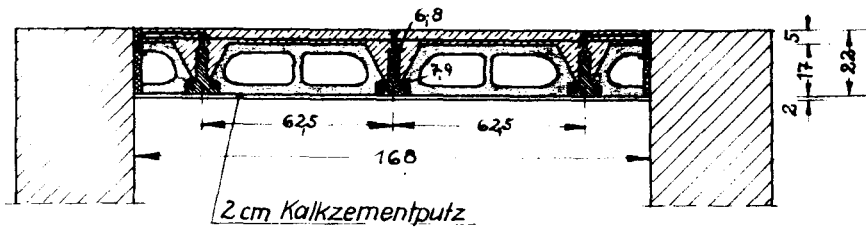
Die Versuchsdecke bestand aus drei \perp -förmigen, vorgespannten Stahlbetonfertigbalken von 4.20 m Länge, die im Achsabstand von 62,5 cm verlegt wurden. Auf die Stahlbetonfertigbalken wurden 17 cm hohe Füllkörper aus Ziegelsplittbeton dicht an dicht verlegt und Fertigbalken sowie Füllkörper mit einer 5 cm dicken Druckplatte in Ortbeton B 225 vergossen. Die Gesamtdicke der Rohdecke einschließlich Betondruckschicht betrug 22 cm.

Die Fertigbalken hatten nach Angaben des Herstellers eine Betongüte B 600. Die Bewehrung bestand aus geripptem, vergütetem Spannstahl "Sigma" St. 145/160. In der Zugzone waren 5 Stäbe "oval 20" und in der Druckzone ein Stab "oval 20" angeordnet. Die aufbetonierte Druckplatte erhielt als Querbewehrung 3 Stäbe "oval 20" auf 1 m Deckenlänge. Jeder Fertigbalken war an der Unterseite mit einer etwa 1 cm dicken Leichtbetonvorsatzschicht versehen.

Das Eigengewicht der 22 mm dicken Rohdecke betrug nach Angaben des Antragstellers 295 kg/m^2 . Die Versuchsdecke wurde auf ihrer Unterseite mit einem 2 cm dicken Kalkzementputz 1 : 2 : 8 Rtl. auf einem Spritzvorwurf aus Zementmörtel 1 : 4 Rtl. versehen.

Der Querschnitt der Versuchsdecke ist in Abb. 1, eine Übersicht über die ganze Konstruktion in Abb. 8 dargestellt.

Schnitt A-A



Maße in cm

M. 1:25

Institut
für Baustoffkunde
und Materialprüfung
T. H. Braunschweig

Grundriß und Querschnitt
der Rippendecke aus vorgesp. Stahl-
beton-Fertigbalken mit Füllkörpern

Abb. 8
Decke 2.6

3. Beschreibung der Versuchseinrichtung und Versuchsdurchführung

Für die Prüfung nach DIN 4102 bauten Facharbeiter des Instituts die Versuchsdecken als oberen horizontalen Raumabschluß zwei-seitig gelagert in Brandhäuser ein. An den beiden nicht aufliegenden Plattenrändern wurden Bewegungsfugen angeordnet, damit sich die Versuchsdecken unter der aufgebrachten Last und der Wärmebeanspruchung frei deformieren konnten. Die rechnerische Spannweite betrug bei allen Decken 4,00 m.

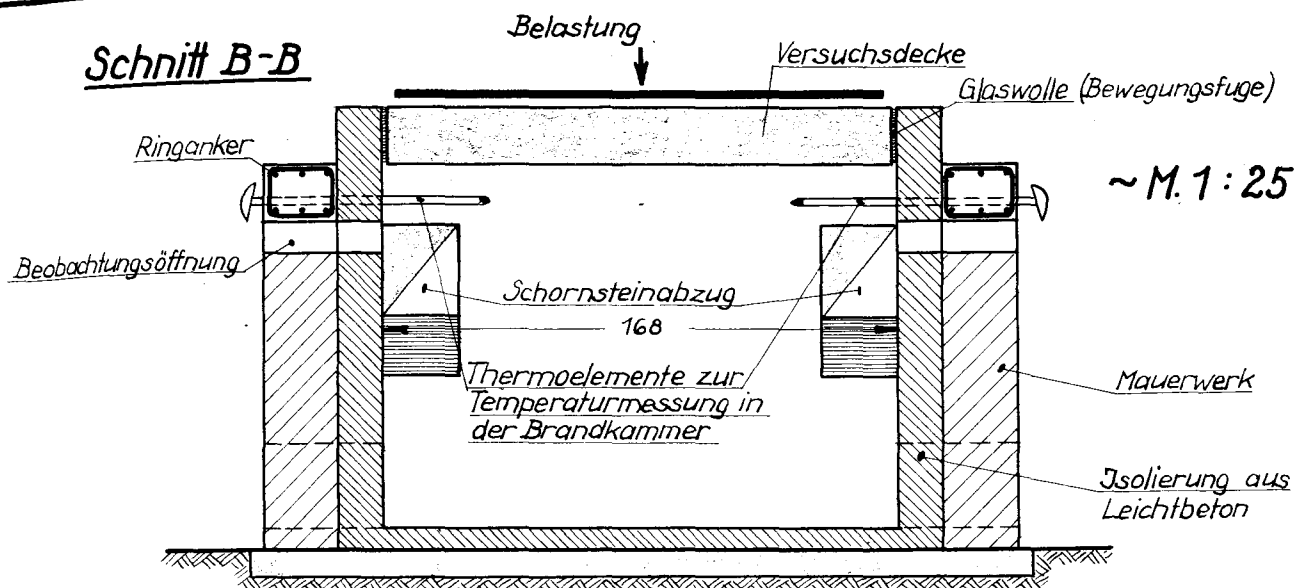
Nach DIN 4102 Blatt 3 wurden die Decken unter der rechnerisch zulässigen Last geprüft. Die Anordnung der Belastung erfolgte in der Weise, daß die Last auch nach der Deformation der Deckenvoll wirksam blieb. Während der Brandversuche wurden die Temperaturen in der Brandkammer nach der Einheitstemperaturzeitkurve DIN 4102, Blatt 3 gesteigert. Die Temperaturmessung in der Brandkammer erfolgte mit Nickelchrom-Nickel-Thermoelementen, die in etwa 10 cm Abstand von den Versuchsdecken angebracht waren. Beheizt wurden die Brandkammern mit Ölbrennern.

An allen Versuchsdecken waren auch Thermoelemente aus Kupfer-Konstantan angebracht, um die Temperaturerhöhung auf der dem Feuer abgekehrten Seite, an den Bewehrungsstählen und an einigen Stellen im Innern der Decken messen zu können.

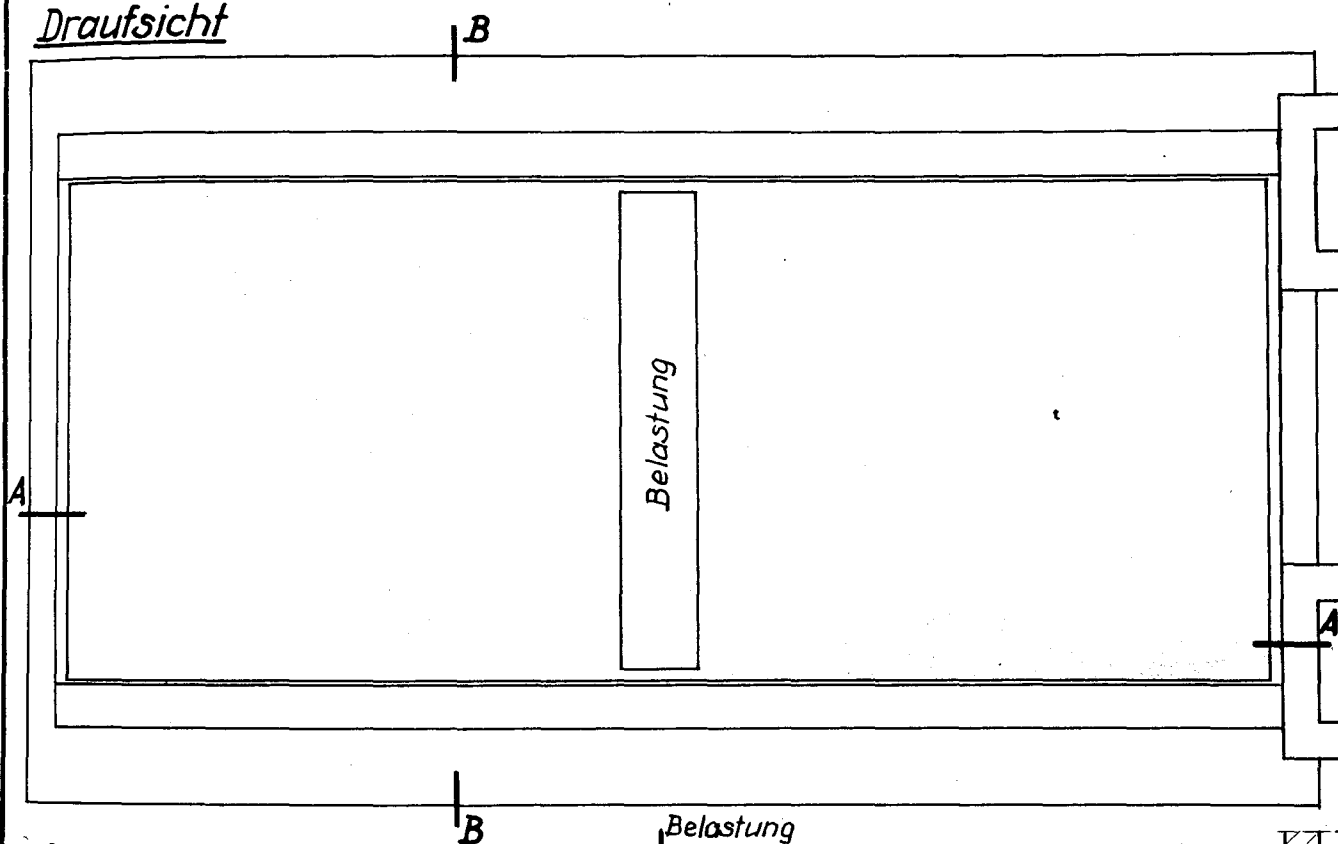
Die Messung der Durchbiegung der Versuchsdecken erfolgte in Feldmitte der Spannweite vor, während und nach den Brandversuchen. Alle Decken wurden - wenn der Zusammenbruch nicht früher eintrat - über eine Prüfzeit von 1 1/2 Stunden dem Feuer und anschließend 3 Minuten lang der Löschwasserprobe nach DIN 4102 Blatt 3 ausgesetzt.

Nach DIN 4102 Blatt 3 wurden alle Versuchsdecken frühestens 3 Monate nach der Herstellung des Ortbetons geprüft. Der Putz unter den Decken war im Durchschnitt zum Zeitpunkt der Prüfung 2 1/2 Monate alt. Da der Austrocknungsvorgang des Putzes von der Jahreszeit abhängig ist, wurden einige Decken vor dem Brandversuch leicht vorgetrocknet, um einen gleichmäßigen Feuchtigkeitsgehalt des Putzes bei allen Decken von etwa 4 bis 5 Gew.-% zu bekommen.

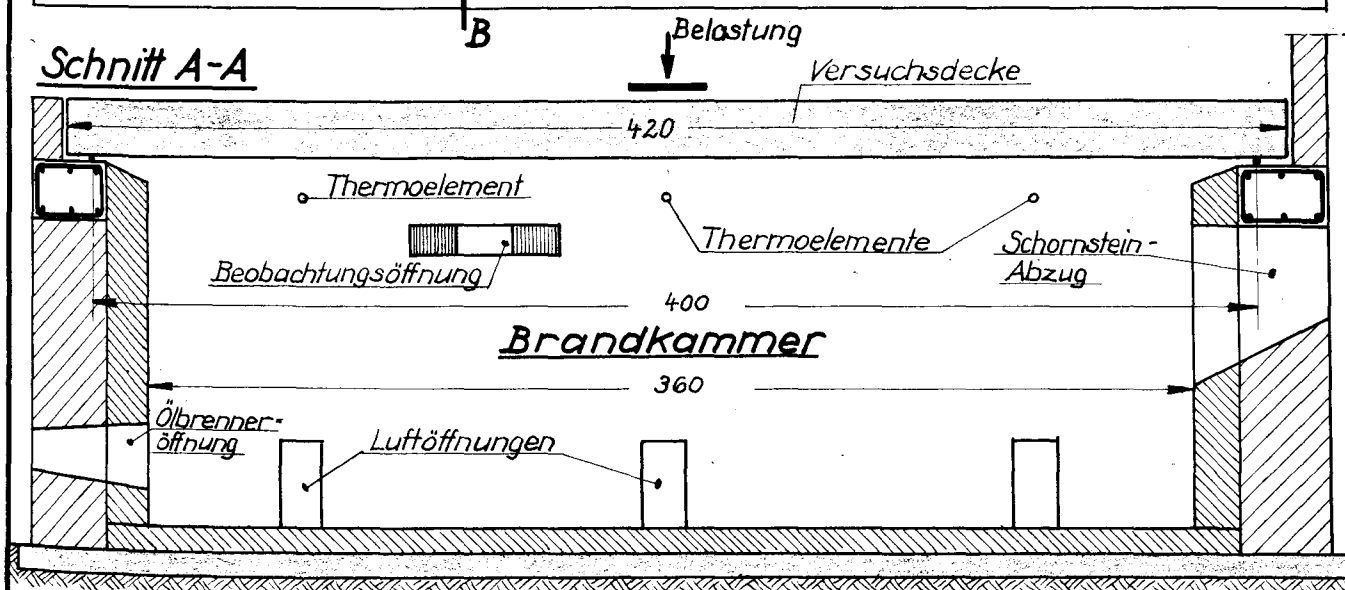
Schnitt B-B



Draufsicht



Schnitt A-A



Die Versuchseinrichtung ist in Abb. 9 dargestellt. Die Lage der Temperaturmeßstellen an den Versuchsdecken ist aus den Abbildungen 2, 4, 5, 6, 7 und 8 zu ersehen.

4. Meßergebnisse und Beobachtungen während der Brandversuche

Die während der Brandversuche festgestellten Beobachtungen sind in den Abschnitten 4.1 bis 4.6 zusammengestellt. Die Zahlentafeln 2 bis 11 enthalten die während der Brandversuche gemessenen Temperaturen und Deformationen. Es wurden die mittleren Temperaturen in der Brandkammer, die Temperaturen auf der dem Feuer abgekehrten Seite sowie, wenn möglich, auch die Temperaturen an den Stahleinlagen oder im Innern der Decken erfaßt. Die Mittelwerte der Temperaturen im Brandhaus und auf der dem Feuer abgekehrten Seite, sowie die Mittelwerte der Durchbiegungen sind in den Abbildungen 10, 11, 12, 13 und 14 graphisch dargestellt.

4.1 Meßergebnisse und Beobachtungen an den Versuchsdecken 2.1

Balkendecke aus Stahlbetonfertigsbalken mit
Füllkörpern nach DIN 4233 (F-Decke)

Die Meßergebnisse sind für beide Versuchsdecken in den
Zahlentafeln 2 und 3 zusammengestellt. Abb. 2 zeigt die
eingebaute Deckenkonstruktion. In Abb.10 sind die Mittel-
werte der Messungen graphisch aufgetragen.

Beobachtungen während des Brandversuches an der Decke 2.11

Versuchs- dauer Min.	B e o b a c h t u n g e n
15	Erster Riß an einer Fuge festzustellen.
24	Kondenswasserbildung auf der Decke, insbesondere an den Fugen.
35	Wasserdampfentwicklung auf der Decke.
45	Der Putz ist etwa zu 20 % abgeplatzt.
50	An einer weiteren Fuge tritt ein Riß auf.
90	Ende der Feuerbeanspruchung. Löschwasserprobe.

Beobachtungen während des Brandversuches an der Decke 2.12

Versuchs- dauer Min.	B e o b a c h t u n g e n
15	Die Putzfläche zeigt feine Risse, sie ist "verkratert".
26	Kondenswasserflecke auf der Decke.
40	Erster ca. 20 cm langer Riß festgestellt.
45	Untere Putzschicht ist in Flächen bis zu 5 cm Durchmesser abgesprungen.
60	Rißbildung an einer Stelle bis zur Feldmitte.
70	Verlängerung des Risses - Knistern in der Decke.
90	RiB am Auflager 1 mm breit, in Feldmitte 1,5 mm. Ende der Feuerbeanspruchung. Löschwasserprobe.

Die beiden geprüften Decken 2.11 und 2.12 haben die Anfor-
derungen, die in DIN 4102, Blatt 1 an "feuerbeständige"
Bauteile gestellt werden, erfüllt.

Zahlentafel 2

Meßergebnisse an der Decke 2.11

Balkendecke aus Stahlbetonfertigsbalken mit Füllkörpern nach DIN 4233 (F-Decke)

Außenlufttemperatur 5°C

Versuchsdauer in Min.	Brandhaus- temp. °C *)	Temperatur auf der dem Feuer abgekehrten Seite °C												Temperatur am Stahl		Durchbiegung in cm **)
		Rippe 1	K ö r p e r				Fuge		Rippe		Mittel 1-9	Quer- rippe		12	13	
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08
5	418	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08
10	587	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	39	0,15
15	700	6	19	17	11	8	24	24	5	5	13	11	10	90	86	0,18
20	747	7	34	28	19	17	42	40	5	5	22	18	60	93	90	0,18
25	785	10	87	73	37	53	55	50	7	7	42	32	76	96	92	0,18
30	812	16	85	78	51	71	62	58	11	11	49	53	77	97	93	0,18
40	883	27	84	68	52	68	66	63	19	19	52	58	85	110	96	0,20
50	920	35	85	67	53	68	63	60	26	27	54	64	88	143	116	0,30
60	961	40	87	67	57	69	56	55	31	33	56	65	87	181	151	0,80
70	953	42	87	68	66	69	56	53	36	37	58	66	88	216	193	1,23
80	1015	43	87	68	67	69	56	53	39	39	58	67	87	250	223	1,95
90	1023	45	87	69	58	69	56	54	43	38	58	70	87	289	256	2,40
Durchbiegung 24 Stunden nach dem Brandversuch mit Belastung																0,68

*) Mittel aus 6 Meßstellen

**) Die Durchbiegung ist auf die Decke vor dem Aufbringen der Belastung bezogen. Sie ist wahrscheinlich behindert worden.

Bleibende Durchbiegung 12 Stunden nach der Entlastung

= 0,1

Zahlentafel 3

Meßergebnisse an der Decke 2.11
Balkendecke aus Stahlbetonfertigsbalken mit Füllkörpern nach DIN 4233 (F-Decke)
Außenlufttemperatur 8°C

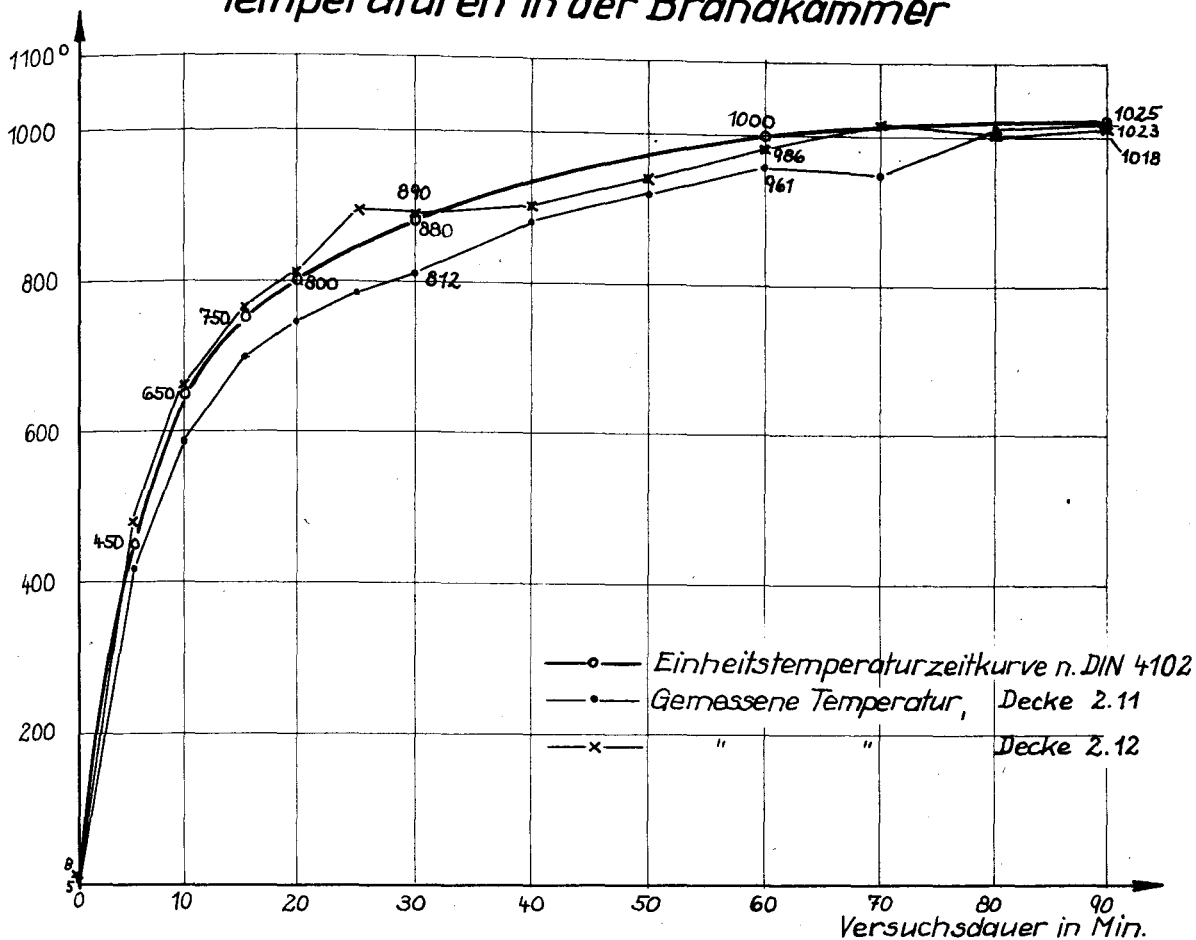
Versuchsdauer in Min.	Brandhaus- temp. °C *)	Temperatur auf der dem Feuer abgekehrten Seite °C												Temp. am Stahl		Durchbiegung in cm **)
		Rippe 1	am 2	K 3	ö 4	r 5	Fuge 6	7	Rippe 8	9	Mit- tel 1-9	Quer- rippe 10	11	12	13	
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	9	0,05
10	658	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	22	0,05
15	764	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54	73	0,05
20	812	-	-	-	-	-	8	9	-	-	8	8	8	79	86	0,25
25	891	-	10	12	11	11	16	19	-	-	12	34	26	96	94	0,43
30	890	-	20	68	83	24	24	40	-	-	29	70	64	98	94	0,65
40	903	17	33	64	84	46	38	40	14	12	39	72	70	106	113	1,25
50	941	29	39	76	86	48	44	56	26	20	47	74	78	143	129	2,28
60	986	40	43	80	88	46	46	61	38	26	52	78	79	176	168	3,45
70	1016	48	49	83	84	48	48	63	47	33	56	78	78	220	211	4,45
80	1002	55	51	83	84	50	49	63	52	40	58	78	76	261	250	5,80
90	1018	58	53	84	83	54	51	65	56	45	61	79	75	296	281	6,37
Durchbiegung 24 Stunden nach dem Brandversuch mit Belastung																0,97

*) Mittel aus 5 Meßstellen

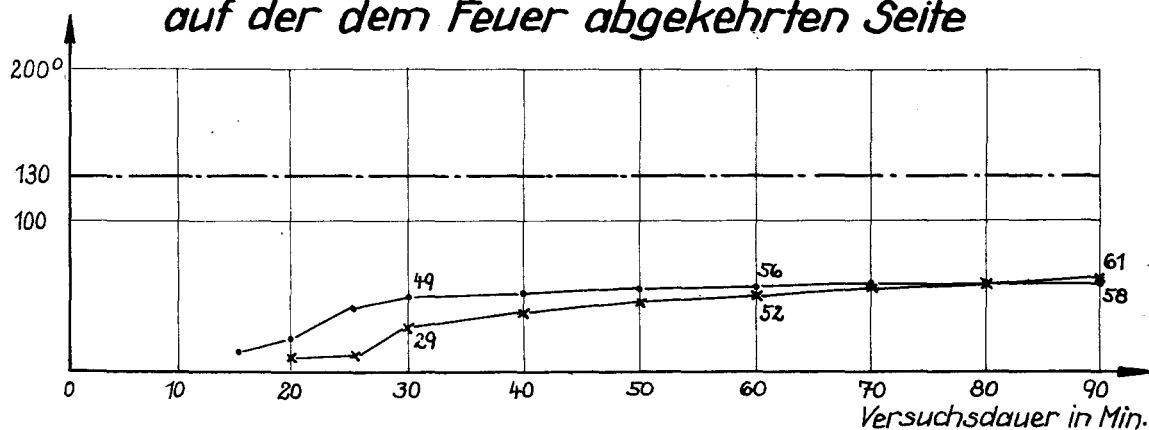
**) Die Durchbiegung ist auf die Decke vor dem Aufbringen der Belastung bezogen.
Bleibende Durchbiegung 12 Stunden nach der Entlastung

= 0,2

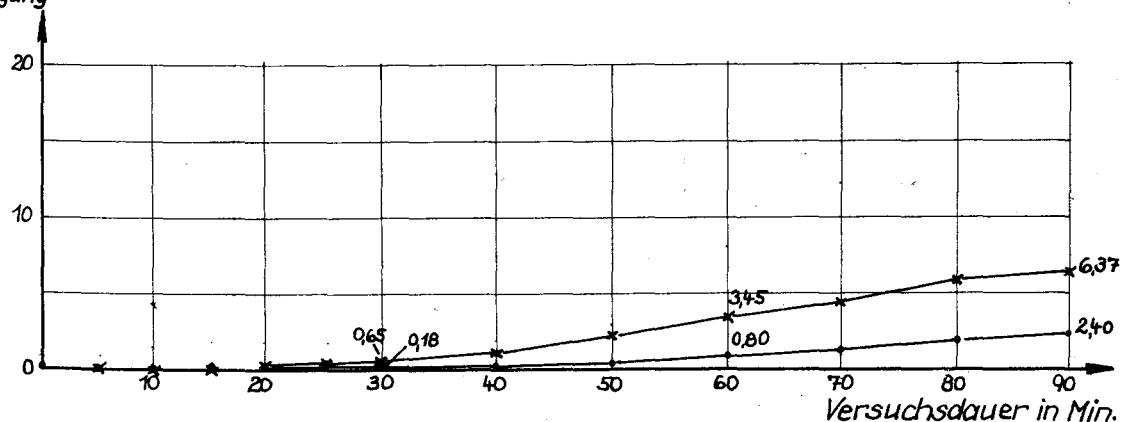
Temperaturen in der Brandkammer



Mittelwert der Oberflächentemperaturen auf der dem Feuer abgekehrten Seite



Durchbiegung in cm



4.2 Meßergebnisse und Beobachtungen an den Versuchsdecken 2.2

Balkendecke aus Stahlleichtträgern mit Füllkörpern

Die Meßergebnisse sind für beide Versuchsdecken in den Zahlentafeln 4 und 5 zusammengestellt. Abb. 4 zeigt die eingebaute Deckenkonstruktion. In Abb. 11 sind die Mittelwerte der Messungen graphisch aufgetragen.

Beobachtungen während des Brandversuches an der Decke 2.21

Versuchs- dauer Min.	B e o b a c h t u n g e n
3	Der Putz beginnt abzuplatzen.
5	Die Glattschicht ist fast von der ganzen Deckenfläche abgefallen.
15	In den Füllkörpern werden kleine Längsrisse festgestellt, an denen anschließend Kondenswasserbildung auftritt.
90	Ende der Feuerbeanspruchung. Löschwasserprobe. Dabei wird der Putz bis auf den Spritzvorwurf abgespült.

Beobachtungen während des Brandversuches an der Decke 2.22

Versuchs- dauer Min.	B e o b a c h t u n g e n
2	Geringfügige Putzteile sind von der Decke abgefallen.
14	An dem Ortbetonbalken tritt Kondenswasserbildung auf.
25	Starke Dampfbildung tritt auf der gesamten Deckenoberseite auf.
90	Die Deckenunterseite ist unverändert. Ende der Feuerbeanspruchung. Löschwasserprobe.

Beide geprüften Decken 2.21 und 2.22 haben die Anforderungen, die in DIN 4102, Blatt 1, an "feuerbeständige" Bauteile gestellt werden, erfüllt.

Zahlentafel 4

Meßergebnisse an der Decke 2.21
Balkendecke aus Stahlleichtträgern mit Füllkörpern

Außenlufttemperatur 30 °C

Versuchsdauer in Min.	Brandhaus- temp. °C *)	Temperatur an den Stahlleichtträgern			Temperatur auf der dem Feuer abge- kehrten Seite °C								Durchbiegung **) cm
		1	2	Mittel 1-2	Rippe 3	Körper 4	Fuge 5	Rippe 6	Fuge 7	Körper 8	Mittel 3-9		
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05
5	491	47	50	49	12	8	8	8	8	7	6	8	0,10
10	668	90	90	90	13	8	8	8	8	7	6	8	0,27
15	743	95	96	95	13	8	47	9	8	37	6	18	0,47
20	797	115	108	111	13	8	56	10	8	51	8	22	0,65
25	817	139	124	132	13	17	58	13	11	56	13	26	0,77
30	867	164	145	155	16	25	58	14	14	57	21	29	1,00
40	910	211	197	204	23	38	56	19	20	55	38	36	1,72
50	970	255	248	251	31	45	55	35	37	55	43	43	2,82
60	982	298	295	296	36	56	56	30	32	57	45	45	3,60
70	989	336	335	336	39	60	58	34	36	61	45	48	4,65
80	990	366	373	370	44	60	60	39	40	65	47	51	5,22
90	1020	390	403	397	48	65	63	43	44	75	49	55	5,80
Durchbiegung 24 Stunden nach dem Brandversuch mit Belastung													1,82

*) Mittel aus 6 Meßstellen

**) Die Durchbiegung ist auf die Decke vor dem Aufbringen der Belastung bezogen.
Bleibende Durchbiegung 12 Stunden nach der Entlastung

= 1,5 cm

Zahlentafel 5

Meßergebnisse an der Decke 2.22
Balkendecke aus Stahlleichtträgern mit Füllkörpern
Außenlufttemperatur 30°C

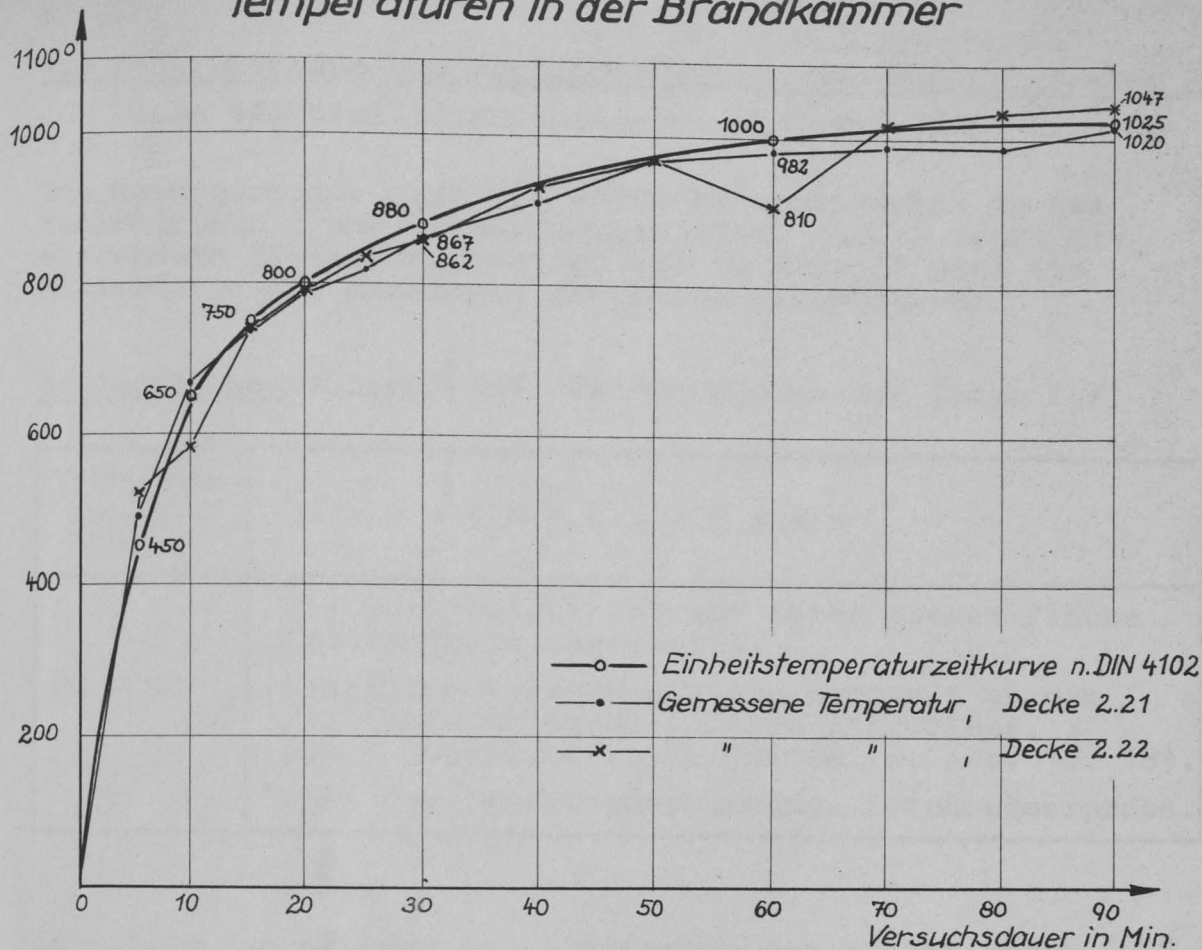
Versuchsdauer in Min.	Brandhaus- temp. °C *)	Temperatur an den Stahl- leichtträgern			Temperatur auf der dem Feuer abgekehrten Seite °C						Durch- biegung **) cm
		1	2	Mittel 1-2	Rippe 3	Körper 4	Fuge 5	Rippe		Mittel 3-7	
								6	7		
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12
5	522	36	31	34	-	-	-	-	-	-	0,37
10	585	70	63	67	-	-	-	-	-	-	0,45
15	747	96	92	94	-	-	-	-	-	-	0,58
20	790	110	105	107	-	-	52	55	88	39	0,65
25	838	147	138	143	-	-	78	84	93	51	0,70
30	862	192	183	188	-	27	75	78	92	54	0,82
40	931	259	258	258	23	36	73	75	91	60	1,10
50	970	318	333	325	31	43	72	75	90	62	1,87
60	810	352	365	358	37	47	73	74	89	64	2,52
70	1019	389	406	397	42	49	72	73	86	64	3,72
80	1037	441	453	452	46	51	80	74	86	67	4,62
90	1047	467	489	478	51	58	81	76	86	70	5,78
Durchbiegung 24 Stunden nach dem Brandversuch mit Belastung											2,0

*) Mittel aus 6 Meßstellen

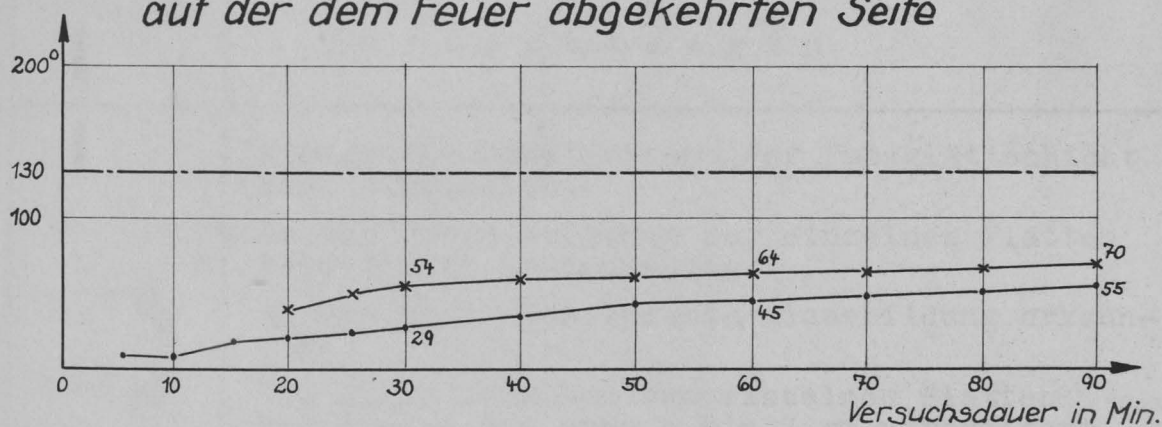
**) Die Durchbiegung ist auf die Decke vor dem Aufbringen der Last bezogen.
Bleibende Durchbiegung 12 Stunden nach der Entlastung

= 1,3

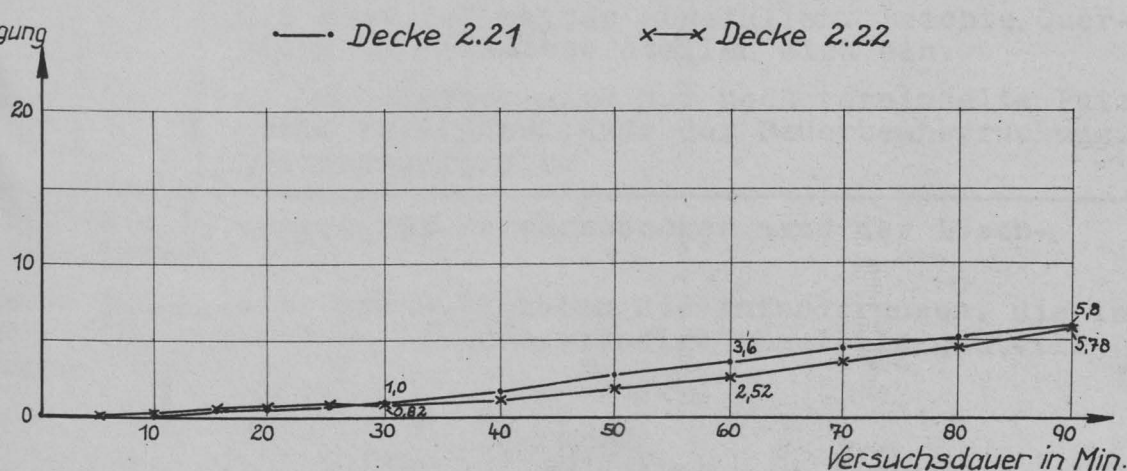
Temperaturen in der Brandkammer



Mittelwert der Oberflächentemperaturen auf der dem Feuer abgekehrten Seite



Durchbiegung in cm



4.3 Meßergebnisse und Beobachtungen an den Versuchsdecken 2.3

Decke aus Stahlbetonhohldielen nach DIN 4028

Die Meßergebnisse sind für beide Versuchsdecken in den Zahlentafeln 6 und 7 zusammengestellt. Abb. 5 zeigt die eingebaute Deckenkonstruktion und in Abb. 12 sind die Mittelwerte der Messungen graphisch aufgetragen.

Beobachtungen während des Brandversuches der Decke 2.31

Versuchs- dauer Min.	B e o b a c h t u n g e n
30	Die Putzschicht ist auf ihrer ganzen Fläche größtenteils abgeplatzt.
80 - 90	Sämtliche Versuchsplatten bekommen an den Plattenfugen durchlaufende Längsrisse, sowie Querrisse in Feldmitte (s. Abb. 17, 18).
90	Ende der Feuerbeanspruchung. Löschwasserprobe.

Beobachtungen während des Brandversuches an der Decke 2.32

Versuchs- dauer Min.	B e o b a c h t u n g e n
4	Einige Flächenstückchen der Putzglattschicht sind abgefallen.
15	An den Fugen zwischen den einzelnen Platten bildet sich Kondenswasser.
28	An den Fugen ist leichte Rissebildung erkennbar.
80	Die Risse zwischen den einzelnen Platten haben sich auf etwa 5 bis 7 mm verbreitert. Der Putz ist weiter abgefallen. Leichte Querrisse in Feldmitte stellen sich ein.
90	An den Platten sind nur noch vereinzelte Putzreste vorhanden. Ende der Feuerbeanspruchung. Löschwasserprobe.

Abb. 18 u.19 zeigen die Versuchsdecken nach der Löschwasserprobe.

Beide Decken 2.31 und 2,32 haben die Anforderungen, die in DIN 4102, Blatt 1 an "feuerbeständige" Bauteile gestellt werden, erfüllt.

Zahlentafel 6

Meßergebnisse an der Decke 2.31
Decke aus Stahlbetonhohldielen nach DIN 4028
Außenlufttemperatur 13°C

Versuchsdauer (Min)	Brandhaus- temp. °C *)	Temperatur auf der dem Feuer abgekehrten Seite °C							Mittel 1 - 7	Durchbiegung Mittel **)
		Betonplatten					Fugen			
		1	2	3	4	5	6	7		
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	450	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	642	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	708	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	777	19	12	12	14	12	12	12	12	-
25	839	30	13	14	26	16	17	22	20	-
30	868	42	24	22	32	23	24	33	29	-
40	893	64	52	44	45	41	42	63	50	-
50	963	68	64	55	55	53	48	85	61	-
60	985	77	69	64	66	64	54	80	68	-
70	992	69	69	69	69	64	63	80	68	-
80	1008	73	73	73	70	66	52	80	70	-
90	1015	73	76	76	73	69	56	76	71	-

*) Mittel aus 6 Meßstellen

**) Die Decke hat an einem Rande gehenmt. Die Durchbiegung ist daher ungenau und nicht ausgewertet.

Zahlentafel 7

Meßergebnisse an der Decke 2.32
Decke aus Stahlbetonhohldeckeln nach DIN 4028
Außenlufttemperatur 16° - 17°

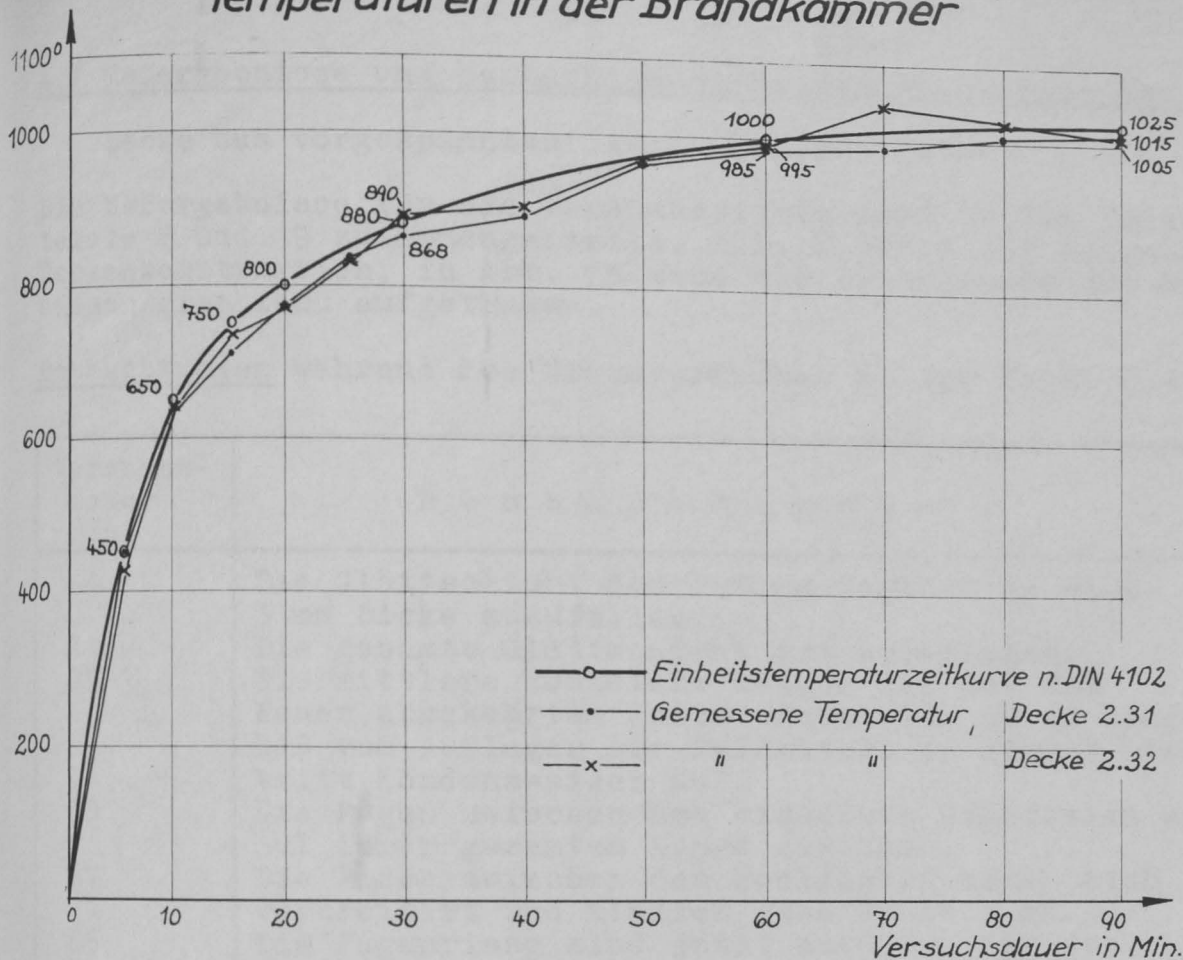
Versuchs- dauer (Min)	Temp. im Brandh. °C *)	Temperatur auf der dem Feuer abgekehrten Seite °C							Mittel 1-5	Durch- biegung (cm) **)
		Betonplatte					Fugen			
		1	2	3	4	5	6	7		
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15
5	428	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50
10	643	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00
15	737	-	-	-	-	-	-	-	-	1,75
20	772	16	16	18	16	16	29	16	16	2,75
25	831	18	19	26	16	18	88	21	20	3,35
30	890	26	27	37	19	29	91	38	28	4,05
40	909	45	47	52	39	49	86	79	46	5,60
50	967	53	54	57	49	61	78	71	55	6,80
60	995	59	59	60	60	75	71	70	63	9,15
70	1047	64	64	67	73	91	70	71	72	10,85
80	1026	79	73	70	85	94	78	67	80	12,60
90	1005	73	85	74	85	94	79	65	82	13,70
Durchbiegung 24 Stunden nach dem Brandversuch mit Last										5,50

*) Mittel aus 6 Meßstellen

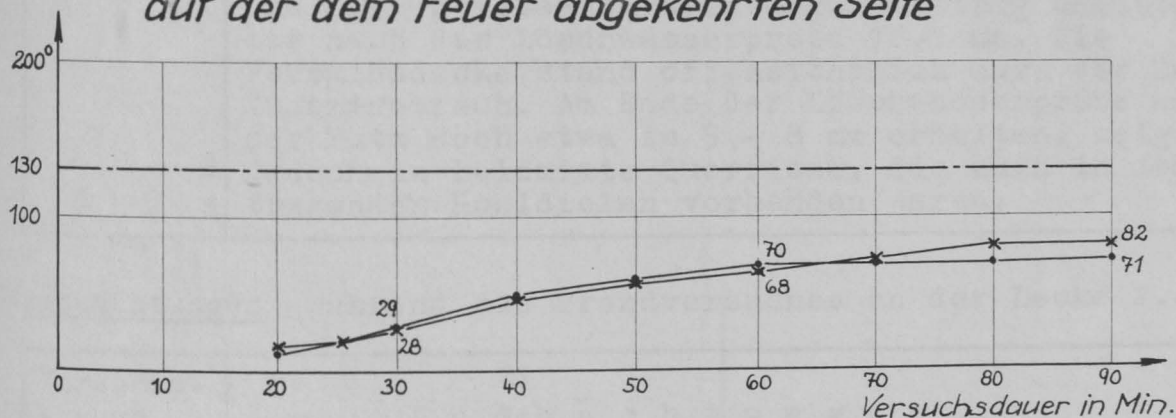
**) Durchbiegung bezogen auf die Decke vor der Belastung
Bleibende Durchbiegung 12 Stunden nach der Entlastung

= 5,0

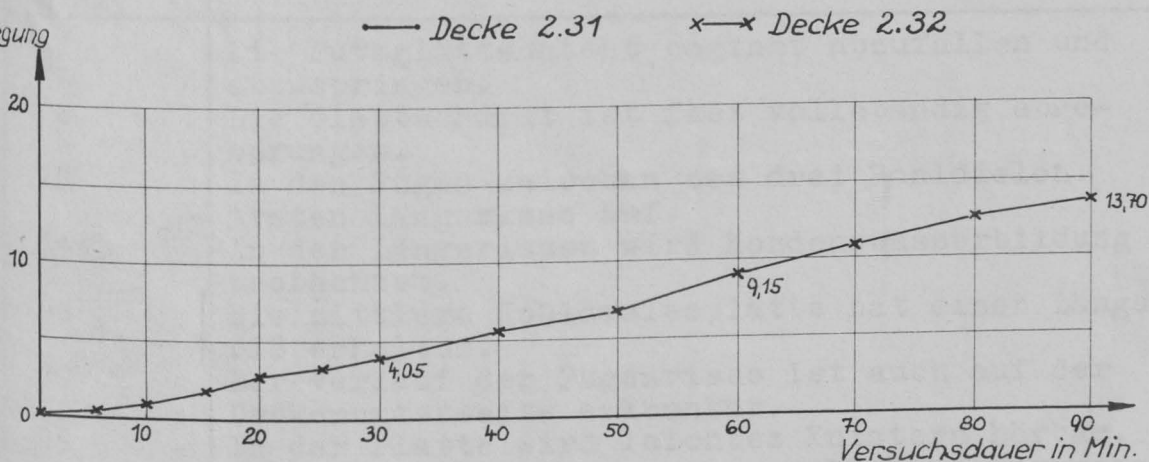
Temperaturen in der Brandkammer



Mittelwert der Oberflächentemperaturen auf der dem Feuer abgekehrten Seite



Durchbiegung in cm



4.4 Meßergebnisse und Beobachtungen an den Versuchsdecken 2.4

Decke aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen

Die Meßergebnisse für die Versuchsdecken sind in den Zahlen-
tafeln 8 und 9 zusammengestellt. Abb. 6 zeigt die eingebaute
Deckenkonstruktion, in Abb. 13 sind die Mittelwerte der Mes-
sungen graphisch aufgetragen.

Beobachtungen während des Brandversuches an der Decke 2.41.

Versuchs- dauer Min.	B e o b a c h t u n g e n
4	Die Glättschicht des Putzes beginnt in etwa 3 mm Dicke abzufallen.
14	Die gesamte Glättschicht ist abgeplatzt.
25	Die mittlere Hohldiele zeigte auf der dem Feuer abgekehrten Seite einen etwa 50 cm langen Riß vom Auflager zur Feldmitte. An dieser Stelle tritt Kondenswasser auf.
33	Die Fugen zwischen den einzelnen Hohldielen sind auf ihrer gesamten Länge gerissen.
67	Die Risse zwischen den Hohldielen haben sich verbreitert und klaffen etwa 2 bis 3 mm.
85	Die Fugenrisse sind jetzt auch auf der dem Feuer zugekehrten Seite erkennbar.
90	Ende der Feuerbeanspruchung. Löschwasserprobe. Die Deckenplatten biegen sich weiter durch. Die max. gemessene Durchbiegung betrug unmittelbar nach der Löschwasserprobe 18,5 mm. Die Versuchsdecke stand offensichtlich kurz vor dem Zusammenbruch. Am Ende der Löschwasserprobe war der Putz noch etwa in 5 - 8 mm erhalten, zeigte jedoch in Feldmitte Querrisse, die auch in den tragenden Hohldielen vorhanden waren.

Beobachtungen während des Brandversuches an der Decke 2.42

Versuchs- dauer Min.	B e o b a c h t u n g e n
4	Die Putzglättschicht beginnt abzufallen und abzuspringen.
6	Die Glättschicht ist fast vollständig abgesprungen.
22	In den Fugen zwischen den drei Hohldielen treten Längsrisse auf.
44	An den Längsrisse wird Kondenswasserbildung beobachtet.
69	Die mittlere Hohldielenplatte hat einen Längsriß erhalten.
70	Der Verlauf der Fugenrisse ist auch auf der Deckenunterseite erkennbar.
75	In der Platte wird leichtes Knistern hörbar.
90	Ende der Feuerbeanspruchung. Löschwasserprobe.

Zahlentafel 8

Gemessene Temperaturen an der Decke 2.41
Decke aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen
Außenlufttemperatur 16° C

Versuchsdauer (Min)	Temp. im Brandh. °C *)	Temperatur auf der dem Feuer abgekehrten Seite °C					Durchbiegung in cm ****)
		1	2	3	**) 4	5 Mittel 1 - 5	
0	-	16	16	16	16	16	0,25
5	480	16	16	16	16	16	0,50
10	685	16	16	16	16	16	1,55
15	764	16	17	17	16	16	2,05
20	793	17	27	25	20	20	2,20
25	822	37	48	32	33	36	2,20
30	862	56	56	42	43	58	2,25
40	934	-	-	***	-	-	3,40
50	955	68	68	80	70	71	5,70
60	990	70	69	80	70	72	7,50
70	991	72	70	78	72	76	8,90
80	1048	74	72	76	74	80	11,30
90	1033	79	76	71	76	89	15,05
Durchbiegung 24 Stunden nach dem Brandversuch mit Belastung							12,60

*) Mittel aus 6 Meßstellen

**) Meßstelle auf einer Plattenfuge angeordnet.

***) Messung nicht durchgeführt

****) Durchbiegung vor dem Aufbringen der Last ist Null gesetzt.
Bleibende Durchbiegung 12 Stunden nach der Entlastung

= 10,2

Zahlentafel 9

Gemessene Temperaturen an der Decke 2.42
Decke aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen
Außenlufttemperatur 10°C

Versuchsdauer (Min)	Temp. im Brandh. °C *)	Temperatur auf der dem Feuer abgekehrten Seite °C						Durchbiegung cm ***)	Durchbiegung (max) cm ***)
		1	2	**)	**)	5	Mittel 1 - 5		
0	-	-	-	-	-	-	-	0,15	0,15
5	510	-	-	-	-	-	-	0,375	0,25
10	650	-	-	-	-	-	-	1,10	0,90
15	746	-	-	-	-	-	-	1,73	1,35
20	785	11	10	10	10	13	11	2,00	1,60
25	837	20	16	13	18	41	22	2,15	1,70
30	858	45	29	22	29	59	37	2,15	1,70
40	921	49	63	57	54	65	58	2,43	2,25
50	925	52	69	86	81	68	71	3,60	3,60
60	938	54	71	72	81	68	69	5,08	5,30
70	1019	49	72	74	77	69	69	6,75	7,50
80	1001	66	73	69	74	71	71	9,10	10,20
90	1010	69	76	76	72	72	73	11,50	13,20
Durchbiegung 24 Stunden nach dem Brandversuch mit Belastung 6,6									8,50

*) Mittel aus 6 Meßstellen

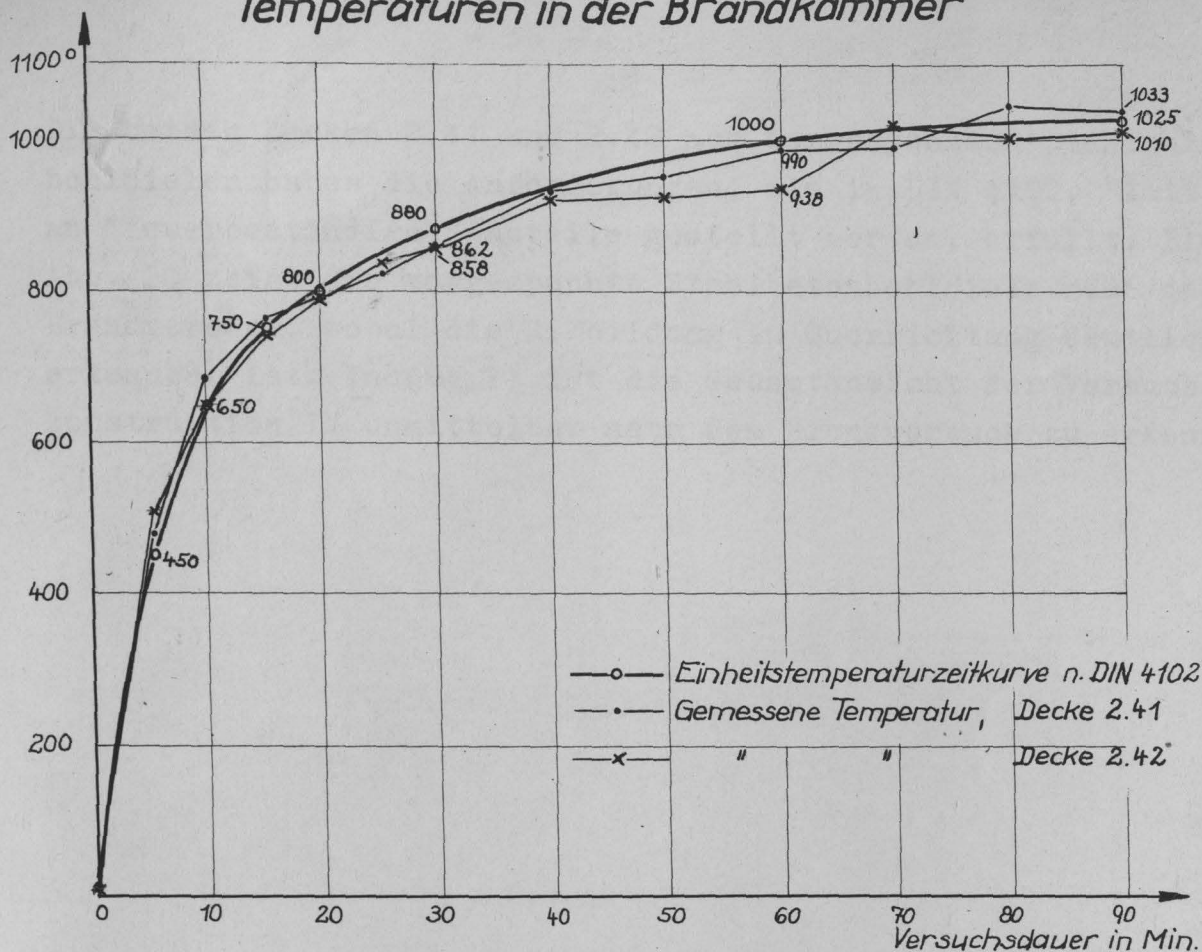
**) Meßstellen auf der Fuge der Platte

***) Durchbiegung vor dem Aufbringen der Last ist Null gesetzt. Durchbiegung wahrscheinlich behindert.

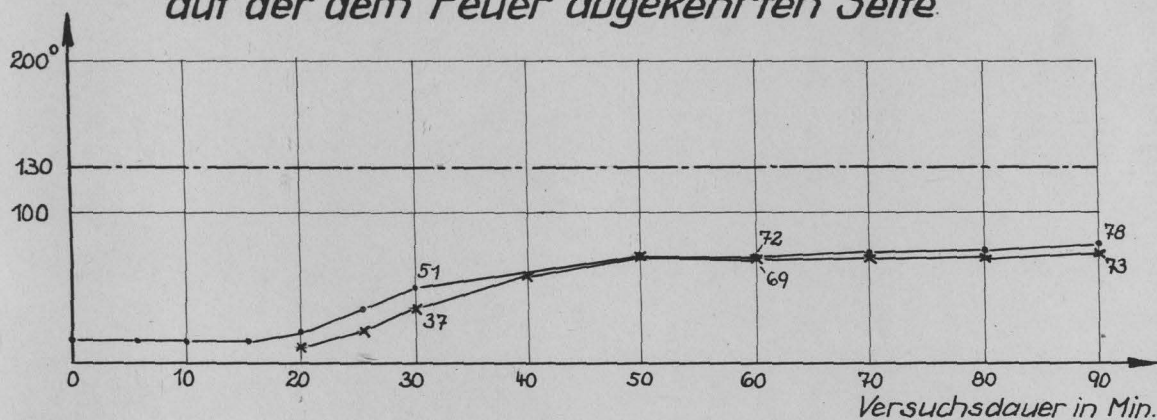
Bleibende Durchbiegung 12 Stunden nach der Entlastung

= 4,5

Temperaturen in der Brandkammer



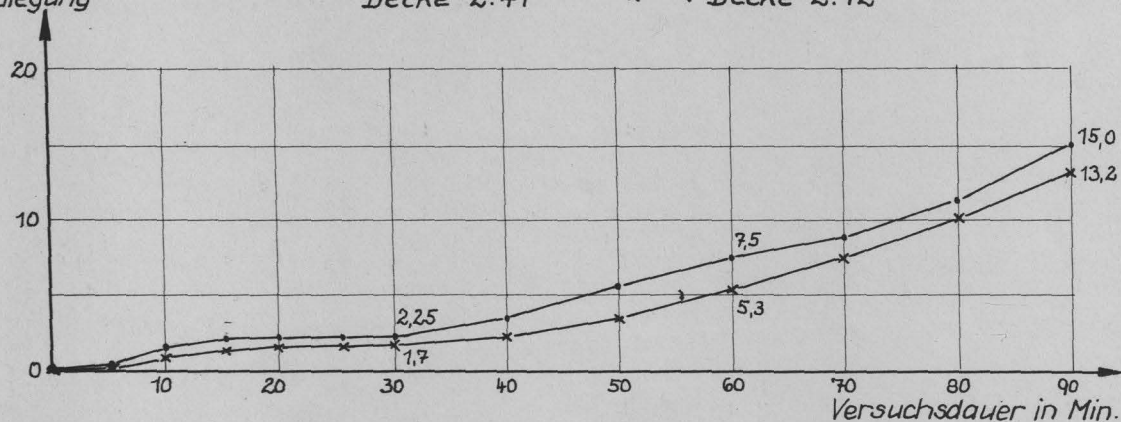
Mittelwert der Oberflächentemperaturen
auf der dem Feuer abgekehrten Seite.



Durchbiegung
in cm

•—• Decke 2.41

$x \rightarrow x$ Decke 2.42



Die beiden Decken 2.41 und 2.42 aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen haben die Anforderungen, die in DIN 4102, Blatt 1 an "feuerbeständige" Bauteile gestellt werden, erfüllt. Die Abb. 20 zeigt die vorgespannte Stahlbetonhohldiele nach dem Brandversuch, wobei die Rißbildung in Querrichtung deutlich erkennbar ist. In Abb. 21 ist die Gesamtansicht der Versuchskonstruktion IV unmittelbar nach dem Brandversuch zu erkennen.

Der Brandversuch wurde nach DIN 4102, Blatt 1 durchgeführt.

Die Versuchsanordnung ist in Abb. 22 dargestellt.

Versuchs- dauer min	Beobachtung
2	Der Brand ist innerhalb dieser Zeit angefallen.
15	Es wird festgestellt, dass der Brandversuch erst nach 15 Minuten feststeht.
15	Die Abplatzungen werden stärker. In einer Stelle sind die Bewehrungen freigelegt.
25	Die Abplatzungen werden stärker. In einer Stelle sind die Bewehrungen freigelegt.
35	Die Abplatzungen werden stärker. In einer Stelle sind die Bewehrungen freigelegt.

Die Decke 2.41 hat die Anforderungen, die in DIN 4102, Blatt 1 an "feuerbeständige" Bauteile gestellt werden, nicht erfüllt. Aus diesem Grunde wurde eine weitere Decke nicht geprüft und dafür die Decke 2.42 (Hohldecke aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen mit Hohlkörper) eingeschlossen.

4.5 Meßergeonisse und Beobachtungen an der Decke 2.5

Balkendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigbalken
mit Füllkörpern

Die Meßergebnisse für die Versuchsdecke sind in der
Zahlentafel 10 zusammengestellt. Abb.7 zeigt die eingebaute
Deckenkonstruktion. Die Mittelwerte der Messungen von Tempe-
raturen und Deformationen sind graphisch nicht ausgewertet.

Beobachtungen während des Brandversuches an der Decke 2.5

Versuchs- dauer Min.	B e o b a c h t u n g e n
2 - 5	Der Putz ist innerhalb dieser Zeit abgefallen.
13	An der Unterseite der vorgespannten Balken erste Abplatzungen festgestellt.
15	Die Abplatzungen werden stärker. An einer Stelle sind die Zueinlagen freigelegt.
26	Weitere explosionsartige Abplatzungen an den Trägern.
29	Zusammenbruch.

Die geprüfte Decke 2.5 hat die Anforderungen, die in DIN 4102
Blatt 1 an "feuerbeständige" Bauteile gestellt werden, nicht
erfüllt. Aus diesem Grunde wurde eine zweite Decke nicht
geprüft und dafür die Decke 2.6 (Rippendecke aus vorge-
spannten Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern) eingeschoben.

Zahlentafel 10

Meßergebnisse an der Decke 2.5
Balkendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigbalken
mit Füllkörpern
Außenlufttemperatur 19° C

Versuchsdauer (Min)	Temp. im Brandh. °C *)	Temperatur auf der dem Feuer abgekehrten Seite °C					Mittel 1-5	Temperatur an den Stahl- einlagen			Durch- biegung cm ***)
		1	2	3	4	5		6	7	8	
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13
5	480	**))	20	19	19	19	19	19	20	19	0,30
10	610	-	19	19	19	19	19	41	41	31	0,50
15	725	-	19	19	19	19	19	53	63	49	0,70
20	735	-	19	22	19	19	20	80	103	66	1,68
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(8,85)
29	-	-	Zusammenbruch								

*) Mittel aus 6 Meßstellen

**) Thermoelement ausgefallen

***) Durchbiegung vor dem Versuch ohne Belastung ist Null gesetzt.

4.6 Meßergebnisse und Beobachtungen an der Decke 2.6

Rippendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigbalken
mit Füllkörpern

Die Meßergebnisse für die Versuchsdecke sind in der Zahlen-
tafel 11 zusammengestellt. Abb. 8 zeigt die eingebaute
Deckenkonstruktion. In Abb.14 sind die Mittelwerte der
Messungen graphisch aufgetragen.

Beobachtungen während des Brandversuches an der Decke 2.6

Versuchs- dauer Min.	B e o b a c h t u n g e n
3	Es fallen einzelne Flächenstückchen der Putzglattschicht von etwa 6 - 8 mm Dicke ab.
5 - 90	Weitere Veränderungen an der Deckenkonstruktion werden nicht festgestellt. Der Putz ist bis auf die in den ersten Minuten erfolgten Abblätterun- gen unverändert geblieben. Kondenswasserbildung trat nicht auf.
90	Ende der Feuerbeanspruchung. Löschwasserprobe.

Die Decke hat die Anforderungen, die in DIN 4102, Blatt 1
an "feuerbeständige" Bauteile gestellt werden, erfüllt.

Zahlentafel 11

Meßergebnisse an der Decke 2.6
Rippendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigsbalken mit Füllkörpern
Außenlufttemperatur 13°C

Versuchsdauer (Min)	Temp. im Brandh. °C *)	Temperatur auf der Decken- oberseite						Temperatur an den Stahlbügeln				Durch- biegung Mittel cm ***)
		1	2	3	4	5	Mittel 1-5	6	7	8	9	
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10
5	417	-	-	-	-	13	13	-	-	13	-	0,30
10	738	-	-	-	13	13	13	-	13	-	17	0,35
15	781	-	13	13	13	12	13	11	78	-	37	0,60
20	855	13	13	13	13	13	13	13	87	-	79	0,70
25	862	13	13	13	13	13	13	13	89	-	93	0,82
30	847	13	13	13	13	13	13	11	93	-	93	0,90
40	921	13	18	18	19	19	17	19	97	**)	93	1,08
50	1001	14	26	25	27	27	24	28	104	-	94	1,52
60	944	18	29	28	32	33	28	35	115	-	103	1,68
70	991	23	37	37	38	38	35	45	127	-	122	1,88
80	1013	27	39	39	43	43	38	52	143	-	148	2,08
90	1031	31	45	43	45	47	42	57	163	59	172	2,28
Durchbiegung 24 Stunden nach dem Brandversuch mit Belastung												1,87

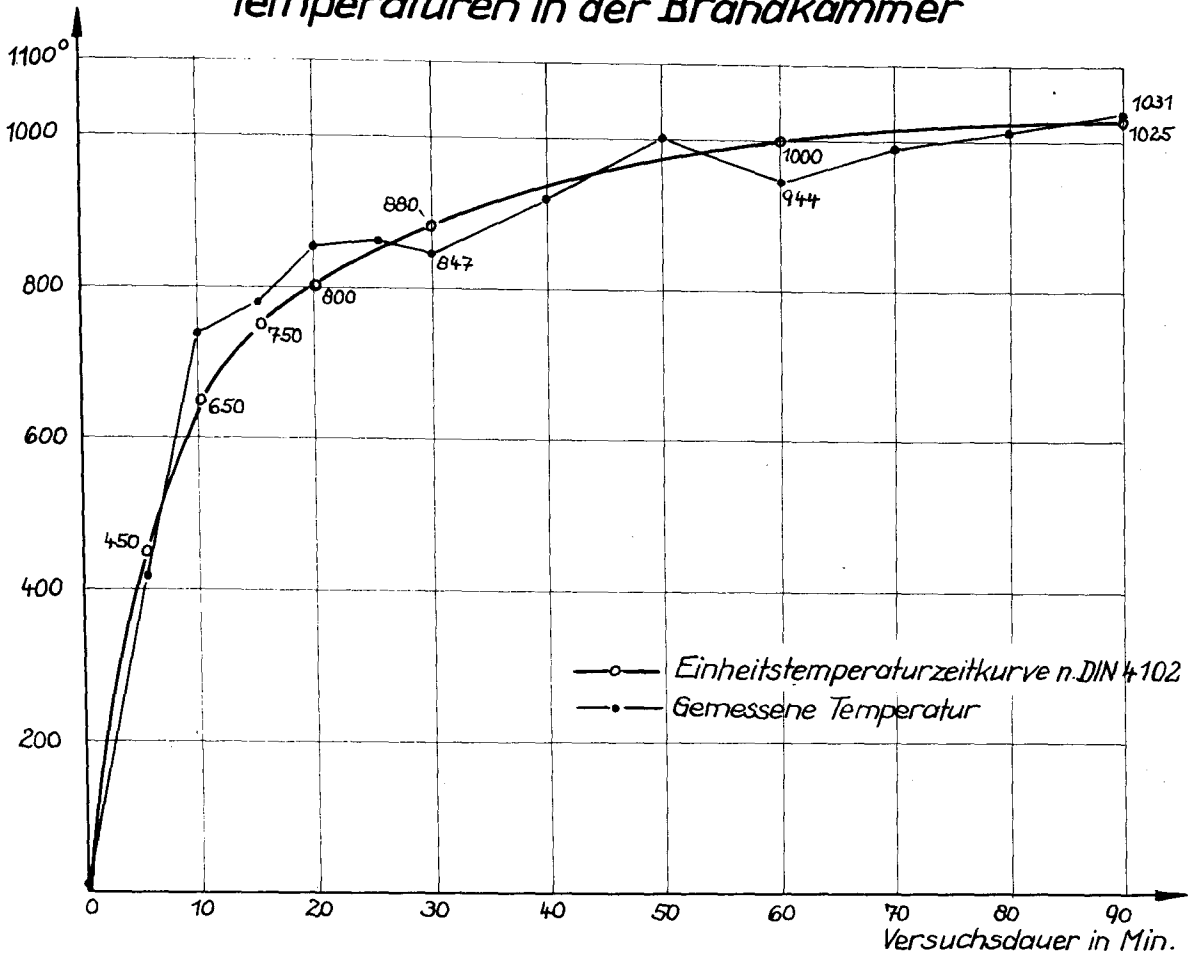
*) Mittel aus 6 Meßstellen.

**) Thermoelement ausgefallen.

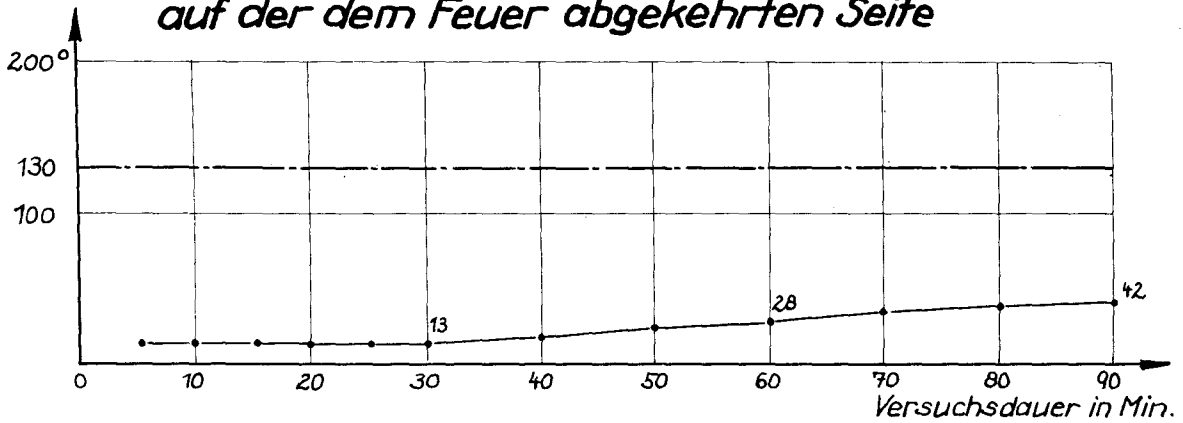
***) Durchbiegung bezogen auf die Decke vor der Belastung.
Bleibende Durchbiegung 12 Stunden nach der Entlastung

= 0,7

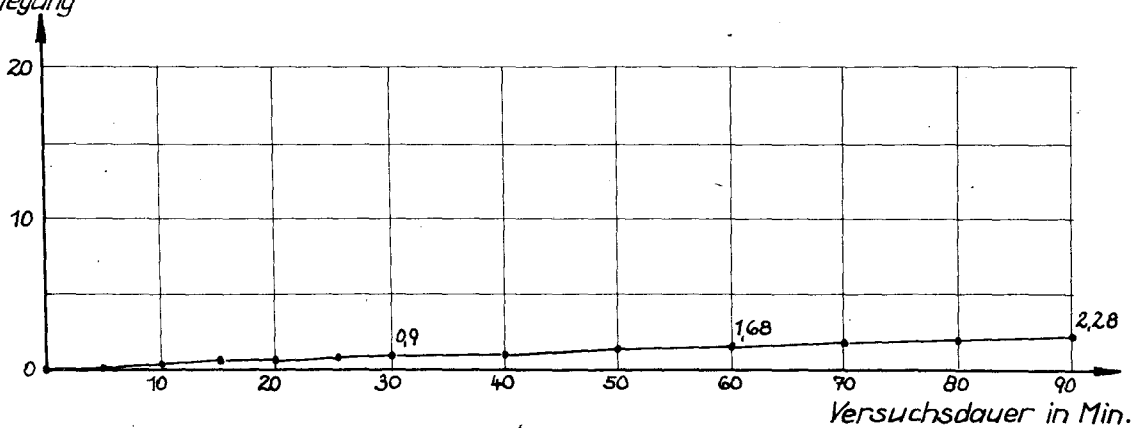
Temperaturen in der Brandkammer



Mittelwert der Oberflächentemperaturen auf der dem Feuer abgekehrten Seite



Durchbiegung in cm



5. Materialprüfungen nach den Brandversuchen

5.1 Tragfähigkeitsprüfungen an den Versuchsdecken 2.3 und 2.4

Bei den Versuchsdecken 2.3 (Stahlbetonhohldielen nach DIN 4028) und 2.4 (vorgespannte Stahlbetonhohldielen) traten am Ende der Brandversuche sehr große Deformationen auf. Da diese beiden Decken auch eine größere bleibende Durchbiegung hatten als die übrigen Versuchsdecken, war es von Interesse, die Tragfähigkeit einiger Hohldielen nach dem Brand zu untersuchen. Aus diesem Grunde wurden aus den Versuchsdecken 2.3 und 2.4 nach dem Brandversuch je zwei Hohldielen vorsichtig ausgebaut und auf Tragfähigkeit geprüft. Zum Vergleich wurde je 1 ungebrannte Stahlbetonhohldiele nach DIN 4028 und eine vorgespannte Stahlbetonhohldiele aus den gleichen Lieferungen wie die gebrannten Dielen dem Tragfähigkeitsversuch unterzogen.

Bei der Prüfung der Tragfähigkeit waren die Stahlbetonhohldielen als Balken auf zwei Stützen gelagert. Vier Einzellasten nach Abb. 15 belasteten die Dielen. Das Aufbringen der Belastung erfolgte stufenweise. Die Laststufen betrugen bei den Stahlbetonhohldielen nach DIN 4028 je 50 kg bei den vorgespannten Stahlbetonhohldielen je 200 kg. Jede Laststufe blieb 2 Minuten lang wirksam, bevor die nächste Laststufe aufgebracht wurde.

In den Zahlentafeln 12 und 13 sind die aufgebrachten Belastungen P und die Momente aus P und dem Eigengewicht g beim Bruch der Dielen zusammengestellt. Außerdem ist das Verhältnis vom Bruchmoment zu dem zulässigen Moment für jede Diele eingetragen.

Zahlentafel 12

Bruchlast und Bruchmoment der Stahlbetonhohldielen
nach DIN 4028

Eigengewicht $g = 224 \text{ kg/m}^2$; zulässiges Moment $M_{\text{zul}} = 280 \text{ mkg}^*)$

Versuchs- diele Nr.	Brand- ver- such	Bruch- last P kg	Bruchmoment M_{Bruch} aus P und g mkg	$s = \frac{M_{\text{Bruch}}}{M_{\text{zul}}}$	Bem.
1	nein	950	581	2,08	**)
2	ja	750	481	1,72	**)
3	ja	700	456	1,63	**)

*) nach Angabe des Herstellwerkes

**) Bei allen Versuchen trat der Bruch durch Zerstörung des Betons ein.

Zahlentafel 13

Bruchlast und Bruchmoment der vorgespannten Stahlbetonhohldielen.

Eigengewicht $g = 200 \text{ kg/m}^2$; zulässiges Moment $_{\text{zul}}M=874 \text{ mkg}^*)$

Versuchsdiele Nr.	Brandversuch	Bruchlast P kg	Bruchmoment M_{Bruch} aus P und g mkg	$s = \frac{M_{\text{Bruch}}}{_{\text{zul}}M}$	Bem.
1	nein	5800	3100	3,55	**)
2	ja***)	3800	2100	2,40	
3	ja***)	2600	1500	1,72	

*) nach Angabe des Herstellwerkes

**) bei allen Versuchen trat der Bruch durch Zerstören des Betons ein.

***) Die Versuchsdiele 2 war während des Brandversuches am Rande, die Versuchsdiele 3 in der Mitte der Versuchsdecke eingebaut.

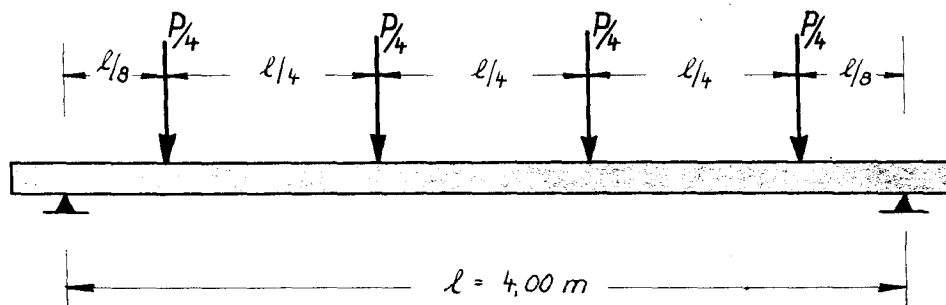


Abb.15 Belastungsanordnung bei der Tragfähigkeitsprüfung

5.2 Prüfung der Zugfestigkeit der Spannstähle aus den Versuchsdecken 2.4 und 2.6 vor und nach den Brandversuchen

Trotzdem sich bei den in Abschnitt 5.1 beschriebenen Tragfähigkeitsuntersuchungen an den vorgespannten Stahlbetonhohldielen zeigte, daß der Zusammenbruch durch Zerstörung des Betons eintrat, war es doch von großem Interesse, die Tragfähigkeit der Bewehrungsstähle vor und nach dem Brandversuch zu prüfen. Außerdem war es interessant, die Bewehrungsstähle aus gebrannten und ungebrannten Trägern der Rippendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern (Decke 2.6) auf Zugfestigkeit zu prüfen. Aus der sehr geringen Durchbiegung dieser Versuchsdecke konnte geschlossen werden, daß sich die Bewehrungsstähle während des Brandversuches wahrscheinlich nicht auf mehr als etwa 200°C erwärmt hatten. In der Zahlentafel 14 sind die Ergebnisse der Zerreißversuche an den Bewehrungsstählen zusammengestellt.

Zahlentafel 14

Ergebnisse der Zerreißversuche an Spannstählen
vor und nach der Durchführung von Brandversuchen

Versuchsdecke		Zugfestigkeit der Bewehrungsstähle in kg/mm ²	
Be- zeich- nung	A r t	Vor dem Brand- versuch min-Mittel*-max	Nach dem Brand- versuch min-Mittel*-max
2.4	vorgespannte Stahlbeton- hohldielen	165- <u>171</u> -174	118- <u>143</u> -151
2.6	Rippendecke aus vor- gespannten Stahl- betonfertigbalken in Füllkörpern	160- <u>163</u> -166	168- <u>171</u> -175

*) Mittel aus 6 Stben

6. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen aus den
Versuchsergebnissen

Das Normblatt DIN 4102 "Widerstandsfähigkeit von Baustoffen und Bauteilen gegen Feuer und Wärme" wird z.Z. Neubearbeitet. Aus der Vielzahl der in den letzten Jahren auf dem Baumarkt erschienenen Deckenkonstruktionen aus Fertigteilen wurden folgende sechs Decken, die als besonders wichtig erschienen, für eine Prüfung nach DIN 4102 Blatt 3 ausgesucht:

a. Balkendecke aus Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern
nach DIN 4233 (F-Decke)

Bezeichnung: 2.1

b. Balkendecke aus Stahlleichtträgern mit Füllkörpern

Bezeichnung: 2.2

c. Decke aus Stahlbetonhohldielen nach DIN 4028

Bezeichnung: 2.3

d. Balkendecke aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen

Bezeichnung: 2.4

- e. Balkendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern.

Bezeichnung: 2.5

- f. Rippendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern.

Bezeichnung: 2.6

Die nach DIN 4102 Blatt 1 an den Begriff "feuerbeständig" gestellten Anforderungen wurden von den geprüften Decken mit Ausnahme der Decke 2.5 (Balkendecke aus vorgespannten Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern) erfüllt. Bei den Decken 2.3 und 2.4 (Decken aus Stahlbetonhohldielen nach DIN 4028 und Decken aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen) war die Durchbiegung nach dem Brandversuch sehr groß; eine größere Bauhöhe der Decken hätte diese Durchbiegung verringert. Die aufgetretenen Durchbiegungen der geprüften Decken sind in Zahlentafel 15 zusammengestellt und die Durchbiegungen der Decken 2.32 (Decke aus Stahlbetonhohldielen nach DIN 4028) und 2.41 (Decke aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen) in Abb. 16 eingezeichnet.

Auch die Temperatur auf der dem Feuer abgekehrten Seite blieb bei allen Decken mit Ausnahme von 2.5 unter der nach DIN 4102, Blatt 1 zulässigen Temperatur von 130°C . Die maximalen Temperaturen und die Mittelwerte sind in Zahlentafel 16 eingetragen (ohne Decke 2.5).

Zahlentafel 16 zeigt, daß die Mittelwerte der Temperaturen über den Zwischenbauteilen, über den Fugen der Zwischenbauteile und über den Trägern keine großen Unterschiede ergaben. Wenn in der Praxis - im Gegensatz zu der sehr sorgfältigen Ausführung durch Facharbeiter des Instituts bei den Versuchen - die Zwischenbauteile nicht ganz knirsch aneinander gestoßen oder vielleicht sogar gelegentlich schadhafte Zwischenbauteile mitverwendet werden, ist mit einem stärkeren Temperaturanstieg über den Fugen zu rechnen. Es bestehen aber trotzdem keine Bedenken, die geprüften Decken, bei denen die Zwischenbauteile nicht vermörtelt und nur knirsch aneinander gestoßen sind, als "feuerbeständig" nach DIN 4102 durchgehen zu lassen.

Zahlentafel 15

Durchbiegungen der Versuchsdecken am Ende
der Brandversuche und nach den Brandversuchen

Bez.	Versuchsdecke A r t	Schlank- heit der Decke $\frac{1}{h}$	Durchbiegungen in Feldmitte in cm		
			Am Ende des Brand- versuches	1 Tag nach dem Versuch mit Last	bleibende Durch- biegung 12 Std.n. Entlastung
2.11	Balkendecke aus Stahlbetonfertig- balken nach DIN 4233 F-Decke	$\sim \frac{1}{21,5}$	2,4 **)	0,7	0,1
2.12			6,7	1,7	0,2
2.21	Balkendecke mit Stahlleichtträgern und Füllkörpern	$\sim \frac{1}{27,5}$	5,8	2,0	1,5
2.22			5,8	2,0	1,3
2.31	Decke aus Stahl- betonhohldielen nach DIN 4028	$\frac{1}{34,8}$	*)	-	-
2.32			13,7	5,2	5,0
2.41	Decke aus vorge- spannten Stahlbeton- hohldielen	$\sim \frac{1}{38}$	15,0	12,6	10,2
2.42			11,5 **)	6,6	4,5
2.5	Balkendecke aus vorge- spannten Stahlbeton- fertigbalken mit Füllkörpern	$\sim \frac{1}{21,6}$	-	-	-
2.6	Rippendecke aus vor- gespannten Stahlbeton- fertigbalken mit Füllkörpern	$\frac{1}{19,5}$	2,3	1,9	0,7

*) Durchbiegungsmessung ausgefallen

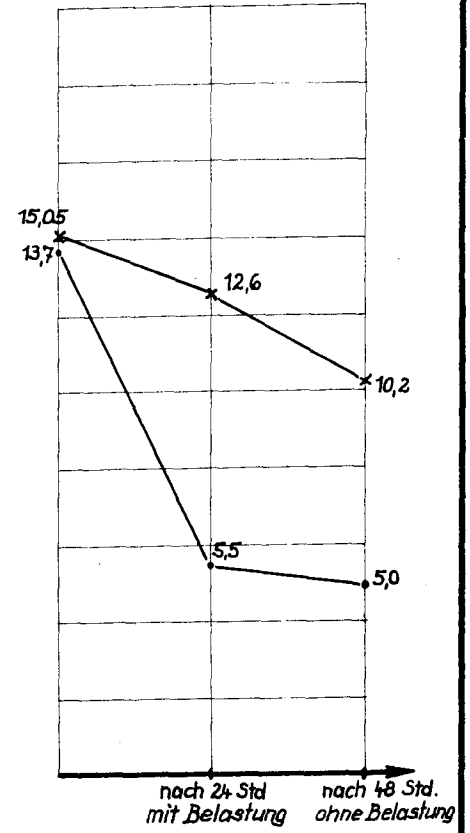
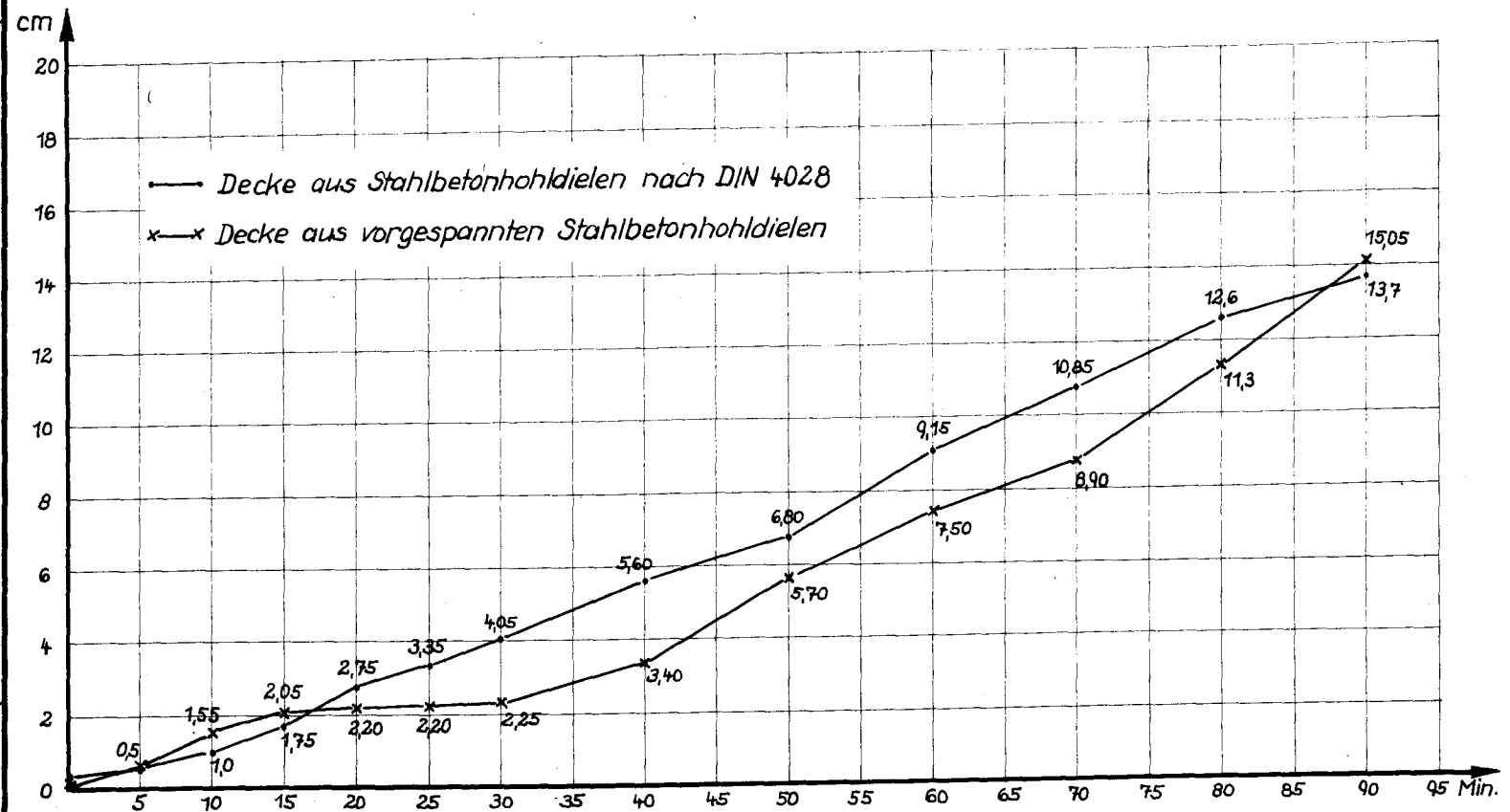
**) Durchbiegung wahrscheinlich behindert.

Durchbiegungen einer Decke aus Stahlbetonhohldielen nach DIN 4028 (Bezeichnung 2.32) und einer Decke aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen (Bezeichnung 2.41)

Institut
für Baustoffkunde
und Materialprüfung
T. H. Braunschweig

Durchbiegungen der
Hohldielendecken

Abb. 16



Zahlentafel 16

Temperaturen auf der dem Feuer abgekehrten Seite der Versuchsdecke
(in der 90. Versuchsminute)

Be- zeich- nung	A r t	**) Außen- luft- temp. °C	Temperatur auf der dem Feuer abgekehrten Seite in °C										
			Füll- körper max min		Fugen max min		Rippen max min		Hohl- dielen max min		Gesamte Deckenfläche max min Mittel		
2.11 2.12	Balkendecke aus Stahlbeton- fertigbalken nach DIN 4233 F-Decke	5 8	87 84	57 53	56 65	54 51	(*) (87) (79)	38 45	- -	- -	87 84	38 45	58 61
2.21 2.22	Balkendecke mit Stahlleicht- trägern und Füllkörpern	5 5	65 58	49 -	75 81	63 76	48 86	43 51	- -	- -	75 86	43 51	55 70
2.31 2.32	Decke aus Stahlbetonhohl- dielen nach DIN 4028	13 16	- -	- -	76 79	56 65	- -	- -	76 94	69 73	76 94	56 65	71 82
2.41 2.42	Decke aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen	16 10	- -	- -	76 76	71 72	- -	- -	89 76	76 69	89 76	71 69	78 73
2.5	Balkendecke aus vorgesp. Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern	19	entfällt, da bereits nach der 26. Minute zusammengebrochen										
2.6	Rippendecke aus vorgesp. Stahlbetonfertigbalken mit Füllkörpern	13	entfällt								47	31	42

*) die eingeklammerten Werte sind auf der Querrippe aufgetreten.

**) Außenlufttemperatur zu Beginn des Brandversuches.

Größere Bedenken rufen die bei den Spannbetonkonstruktionen eingetretenen Abplatzungen des Betons (s. Abschnitt 5.5) hervor. Genngeleich ähnliche Beobachtungen, allerdings in geringem Ausmaß, schon früher bei normalem Stahlbeton gemacht worden sind*), so zeigen doch die Versuchsergebnisse bei vorgespannten Bauteilen, daß die aufgetretenen Wasserdampfexplosionen bei den verwendeten hochwertigen Betonen B 450, B 600 usw. heftiger und häufiger sind als bei den bisherigen Betonen B 160, B 225 usw. Hier müßten noch größere Erfahrungen gesammelt werden.

Trotzdem die Rippendecke 2.5 aus vorgespannten Stahlbetonfertigteigbalken mit Füllkörpern und die Decken aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen 2.6 die Anforderungen, die an feuerbeständige Bauteile gestellt werden, erfüllt haben, können sie noch nicht als "feuerbeständig" ohne besonderen Nachweis für DIN 4102 Blatt 2 vorgeschlagen werden. Dafür müssen erst noch mehr Versuchsergebnisse vorliegen und Erfahrungen mit diesen vorgespannten Decken gesammelt werden.

7. Vorschläge für die neue DIN 4102

Auf Grund der Versuchsergebnisse und der im Institut gesammelten Erfahrungen an Brandversuchen mit ähnlichen Konstruktionen werden für das Blatt 2 der DIN 4102 folgende Vorschläge gemacht:

Als "feuerbeständig" gelten ohne besonderen Nachweis außer den bisher aufgeführten noch folgende Decken:

- a. Decken aus Stahlbetonfertigteigbalken oder Stahlleichtträgern mit Zwischenbauteilen aus Leichtbeton, wenn der Achsabstand der Balken $\leq 62,5$ cm ist, die Dicke der Rohdecke mehr als 12 cm beträgt und die Decke an der Unterseite mit einem 1,5 cm dicken Kalkzementputz 1 : 2 : 8 Rtl. auf einem Vorwurf aus Zementmörtel 1 : 4 Rtl. versehen ist. Die Nutzhöhe der Decken darf $1/30$ nicht unterschreiten.

*) "Brandproben an Eisenbetonbauten". Prof.Dr.-Ing.E.h.Gary, Deutscher Ausschuß für Stahlbeton, Heft 41

- b. Decken aus Stahlbetonhohldielen nach DIN 4028, wenn sie mindestens 10 cm dick und an der Unterseite mit einem 1,5 cm dicken Kalkzementputz 1 : 2 : 8 Rtl. auf einem Vorwurf aus Zementmörtel 1 : 4 Rtl. versehen sind. Der Überbeton muß $\geq 3,0$ cm dick sein oder die Gesamtdicke auch ohne Überbeton 13 cm betragen. Die Nutzhöhe der Decke darf 1/30 nicht unterschreiten.

Abb. 17

Versuchsdecke 2.3

Decke aus Stahlbetonhohldielen nach DIN 4028 während
des Brandversuches (60. Versuchsminute).



Abb. 18

Versuchsdecke 2.31

Unterseite der Decke aus Stahlbetonhohlblechen
nach DIN 4028 nach dem Brandversuch



Abb. 19

Versuchsdecke 2.32

Unterseite der Decke aus Stahlbetonhohlblechen
nach DIN 4028 nach dem Brandversuch



Abb. 20

Versuchsdecke 2.4

Vorgespannte Stahlbetonhohldiele vor dem Ausbau



Abb. 21

Versuchsdecke 2.4

Decke aus vorgespannten Stahlbetonhohldielen
nach dem Brandversuch

